



Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería Textil y Confecciones

**Estudio técnico para determinar prendas de protección
personal que contribuye a reducir los efectos de los
accidentes provocados por arco eléctrico**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Textil y
Confecciones

AUTOR

Angie Rocio ASATO KOBASIGAWA

ASESOR

Juan Manuel CEVALLOS AMPUERO

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Asato, A. (2017). *Estudio técnico para determinar prendas de protección personal que contribuye a reducir los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Textil y Confecciones]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



1060

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ✓

361.
107

ACTA N°014-DAcad-FII-2017

**SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERA TEXTIL Y CONFECCIONES ✓**

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día Lunes 03 de Julio de 2017 a las 14:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesis;

**“ESTUDIO TÉCNICO PARA DETERMINAR PRENDAS DE
PROTECCIÓN PERSONAL QUE CONTRIBUYE A REDUCIR LOS
EFECTOS DE LOS ACCIDENTES PROVOCADOS POR ARCO
ELÉCTRICO” ✓**

Que presenta la Bachiller:


ASATO KOBASIGAWA ANGIE ROCIO ✓

Para optar el Título Profesional de Ingeniera Textil y Confecciones en la Modalidad: **Ordinaria.** ✓

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 15:00 horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido APROBADA por UNANIMIDAD con la calificación promedio de Diecisiete, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 03 de Julio del 2017


MG. SALAS BACALLA JULIO ALEJANDRO
Presidente


MG. CAMPOS CONTRERAS CESAR
Miembro


DR. TINOCO GOMEZ OSCAR RAFAEL
Miembro


DR. CEVALLOS AMPUERO JUAN MANUEL
Asesor

INDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCION	8
1 CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD DEL PROBLEMA	10
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	12
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	12
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES	14
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.2 BASES TEÓRICAS	23
2.2.1 ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO – NFPA	23
2.2.1.1 NFPA EN EL PERÚ	24
2.2.1.2 NFPA 2112	25
2.2.1.3 NFPA 70E	25
2.2.2 NORMATIVA PERUANA: LEY 29783 – LEY DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	27
2.3 MARCO CONCEPTUAL	29
3 CAPÍTULO III: FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	
3.1 HIPÓTESIS GENERAL	49
3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	49
3.3 VARIABLES	50
4 CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	51

4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	52
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	52
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
4.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	53
5 CAPÍTULO V: ESTUDIO TÉCNICO	
5.1 DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO	54
5.2 DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL ESTUDIO.....	54
5.3 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	55
5.3.1 REGISTRO DE ACCIDENTES PROVOCADOS POR ARCO ELÉCTRICO ..	55
5.3.2 DESCRIPCIÓN DE PRENDAS DE PROTECCIÓN DE LA EMPRESA	56
5.3.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES – ANÁLISIS DE RIESGO.....	57
5.3.4 PROPUESTA DE ARTÍCULOS.....	61
5.3.5 EVALUACIÓN DE LOS ARTÍCULOS.....	66
6. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	
6.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	71
6.1.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO E INTERPRETACIÓN	71
6.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	80
7. CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1 CONCLUSIONES	81
7.2 RECOMENDACIONES.	82
BIBLIOGRAFIA	83
ANEXOS	85

INDICE DE TABLAS

Tabla (1) Comparación de las Normas NFPA 70E y IEEE 1584 para la protección a arco eléctrico	18
Tabla (2) Categoría de riesgo eléctrico según NFPA 70E	45
Tabla (3) Cantidad de accidentes periodo 2010 – 2015	55
Tabla (4) Actividades a baja tensión.....	57
Tabla (5) Actividades a media tensión.....	59
Tabla (6) Actividades a alta tensión.....	60
Tabla (7) Nivel de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Baja tensión.....	71
Tabla (8) Nivel de cumplimiento de protección.....	73
Tabla (9) Nivel de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Media tensión	74
Tabla (10) Nivel de cumplimiento de protección.....	74
Tabla (11) Nivel de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Alta tensión.....	75
Tabla (12) Nivel de cumplimiento de protección.....	76
Tabla (13) Evaluación de características – Baja Tensión	77
Tabla (14) Evaluación de características – Media Tensión	78
Tabla (15) Evaluación de características – Alta Tensión.....	79

INDICE DE FIGURAS

Figura (1) Indicador promedio días perdidos empresas adheridas a la ACHS (Asociación Chilena de Seguridad)	20
Figura (2) Plan de administración de equipos de protección personal (EPP)	23
Figura (3). Arco Eléctrico	31
Figura (4) Arco eléctrico de 8.4 cal/cm ²	32
Figura (5) EPP contra arco eléctrico.....	44
Figura (6) Tejido Plano	48
Figura (7) Curva de Stoll – Propuesta para prenda de protección de categoría 0 y 1	67
Figura (8) Curva de Stoll – Propuesta para prenda de protección de categoría 2	68
Figura (9) Curva de Stoll – Propuesta para prenda de protección de categoría 3.....	69
Figura (10) Curva de Stoll – Propuesta para prenda de protección de categoría 4.....	70

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico (1) Probabilidad de sobrevivir en las personas de acuerdo a su edad.....	38
Gráfico (2) Cantidad de accidentes periodo 2010 – 2015	55
Gráfico (3) Nivel de cumplimiento de protección	73
Gráfico (4) Nivel de cumplimiento de protección	75
Gráfico (5) Nivel de cumplimiento de protección	76

RESUMEN

En estos días, el sector de la distribución de energía eléctrica se ha convertido en uno de los sectores con mayor importancia en el mundo, no sólo por facilitar nuestra vida cotidiana; sino también la relevancia de integrarse con otros sectores para generar desarrollo.

El uso de un Equipo de Protección personal tiene como función vital asegurar la integridad del usuario; es por ello que, antes de realizar una asignación de un EPP, es necesario realizar en lo posible la eliminación o reducción del riesgo. Viendo que estas medidas son insuficientes para asegurar la integridad, se impone el uso de un EPP para prevenir los riesgos residuales.

Con esta investigación se propone realizar un estudio técnico en base a la NFPA 70E, como medida importante para determinar un artículo textil necesario, con el fin de asegurar la integridad del trabajador reduciendo los efectos de los accidentes producidos por arco eléctrico. Adicionalmente, se busca concientizar tanto al personal operativo, supervisores y a la empresa; la relevancia de utilizar correctamente una prenda de protección.

Palabras claves:

Prenda de Protección, Arco Eléctrico, Identificación de necesidades

ABSTRACT

Nowadays, the electric power distribution sector has become one of the most important sectors in the world, not only to facilitate our daily life; but also the relevance of integrating with other sectors to generate development.

The use of a Personal Protection Equipment has as vital function to ensure the integrity of the user; this is why, before carrying out an EPP assignment, elimination or reduction of risk must be carried out as far as possible. Since these measures are insufficient to ensure integrity, the use of PPE is required to prevent residual risks.

This research proposes to realize a technical study based on the NFPA 70E, as an important measure to determine a necessary textile article, in order to ensure the integrity of the worker reducing the effects of accidents produced by arc flash. In addition, it seeks to raise conscience among operational staff, supervisors and the company; the relevance of correctly using a protective garment.

Keywords:

Protective Garment, Arc Flash, Needs Identification

INTRODUCCION

Luego del decreto de la ley 29783 – Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y las fiscalizaciones de la SUNAFIL (Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral), las empresas tanto nacionales como privadas, empezaron a realizar implementaciones de planes de Seguridad y Salud Ocuacional.

Con ello, las empresas han realizado la implementación de un EPP de acuerdo a sus necesidades; dada la importancia de tener un EPP indicado, esta investigación fue realizada con el fin de proponer un estudio técnico de identificar los riesgos, de tal manera que sea de utilidad para las empresas del sector de distribución eléctrica que hacen instalaciones y mantenimiento, ya que los accidentes provocados por arco eléctrico se han vuelto en uno de los más mortales en el mundo; por lo que la importancia de utilizar un EPP es de vital importancia

El presente trabajo, consta de siete capítulos; así en el capítulo I: Problema de la investigación, se describe los antecedentes y la problemática de la empresa, en la que se realizó el estudio técnico, ante los accidentes producidos por arco eléctrico, donde se incluyen la justificación, alcances, limitaciones y objetivos de la investigación. En el capítulo II: Marco Teórico, se detallan estudios anteriores que sirvieron como referencia, se enmarcan los conceptos sobre arco eléctrico, las normas vigentes, tanto nacional como internacional, que velan por la integridad del trabajador y prendas de protección personal, dando sustento teórico a la

investigación. En el capítulo III: Formulación de hipótesis, se plantea la hipótesis y se definen las variables. En el capítulo IV referido al diseño de la investigación, se identifica el tipo y diseño de la investigación, se determina la población, muestra y los instrumentos de recolección y procesamiento de datos. En el capítulo V, se desarrolla el estudio técnico basado en la situación antes del éste, se identifican las necesidades y se plantea una propuesta que es evaluada en un laboratorio. En el capítulo VI, se presentan los resultados obtenidos del estudio técnico mediante un análisis descriptivo; en el capítulo VII se detallan las conclusiones y recomendaciones que resultan de la investigación, así como la bibliografía. Finalmente, se coloca una sección de anexos, la cual contiene las matrices de riesgo para las actividades en cada nivel de tensión (Anexos II, III, IV y V) y la información correspondiente a la investigación.

1. CAPÍTULO I: PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD DEL PROBLEMA

“En Chile, la tasa de fatalidad de accidentes muestra una débil tendencia a la disminución, encontrándose en un valor de 6,8 por 100.000 el año 2006. Entre los años 2007 a 2011 se ha registrado un promedio anual de 66,2 fatalidades/año en la población de Chile, debido a accidentes con energía eléctrica. En el ámbito laboral, el promedio anual de fatalidades por causa eléctrica es de 21,45, lo que representa aproximadamente un 32% del total de accidentes eléctricos con causa de muerte respecto al total de la población en Chile. La distribución porcentual promedio para el período 2005-2009 respecto a los accidentes laborales con resultado de muerte ubica en primer lugar la exposición a fuerzas mecánicas inanimadas (golpes y atrapamientos, principalmente) con 30%; luego le siguen las caídas (distinto nivel, mismo nivel y otras) con un 28%; la exposición a la corriente eléctrica, con un 13% y el resto de causas con un 29%. Es decir,

la incidencia de la energía eléctrica en el caso de accidentes fatales la posiciona en el tercer lugar, excluyendo dentro de esta clasificación a los accidentes de tránsito” (César Antonio Muñoz Chacón, 2015)

“La implementación de las medidas de prevención de riesgos laborales aún está en una etapa inicial en el país, distinguiéndose el desarrollo de la prevención por sectores económicos y por tamaño de las empresas, siendo el de minería y electricidad e hidrocarburos los que más han trabajado en prevención. Actualmente, las empresas de construcción y manufacturas, de gran magnitud, tienen sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo implementados, pero aún el porcentaje es mínimo. Las empresas medianas y pequeñas están recién empezando a realizar algunas actividades preventivas, sobre todo por una motivación de cumplimiento legal, antes que por una responsabilidad ética y moral” (Gerardo Arias Carrizales, 2013)

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En base a estadísticas en el periodo 2010 – 2015 del número de accidentes laborales causados por arco eléctrico de la empresa situada en Lima, el Directorio y la Gerencia General, concluyeron que los colaboradores no cuentan con los implementos mínimos necesarios para realizar labores de instalación y mantenimiento a paneles eléctricos causando daños físicos al usuario.

Esta situación, según la Gerencia, obedece a un escaso conocimiento de los supervisores y el gestor de compras en cuanto a temas de seguridad y salud ocupacional y la falta de información por parte de los proveedores de los Equipos de Protección Personal.

A los factores antes mencionados, se suma la falta de compromiso de los usuarios en el uso correcto de la prenda de protección; ya sea por falta de ergonomía o falta de conocimiento de los riesgos que implican estar expuestos a un arco eléctrico

Esta situación hace necesaria el estudio técnico para determinar las prendas de protección personal adecuadas para la protección contra accidentes provocados por arco eléctrico, que en conjunto con la empresa y los colaboradores, se logre reducir el impacto de los accidentes laborales ocasionados por este riesgo.

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera el estudio técnico para determinar prendas de protección personal contribuirá a reducir los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿En qué medida la tasa de accidentes por arco eléctrico permitirá establecer características técnicas de las prendas de protección personal?

¿En qué medida el conocer las características técnicas adecuadas de las prendas de protección personal reducen los efectos de los accidentes de trabajo por arco eléctrico?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La OIT señala que cada 15 segundos, un trabajador muere a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo y que 153 trabajadores tienen un accidente laboral. De acuerdo a la OIT, mediante la publicación de la guía de Registro y Notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, un accidente es todo acontecimiento súbito y violento ocurrido por el hecho o en ocasión del trabajo, o en el trayecto entre el domicilio del trabajador y el lugar de trabajo. En medio de esta definición, un accidente laboral puede prevenirse no sólo asegurando el entorno laboral; sino también utilizando los implementos necesarios para desarrollar las actividades correspondientes (OIT - Asamblea General de las Naciones Unidas, 2015). Esta tesis tiene el fin de brindar una herramienta que permita instruir al personal involucrado en los riesgos que implican desarrollar sus actividades laborales y asegurar la seguridad y salud ocupacional.

Actualmente, según el Ministerio de Trabajo a través del Boletín Estadístico I Semestre 2016, en el país existen 518 empresas formales que brindan servicios de suministro de electricidad, gas y agua eléctrico; éstas pueden o no utilizar los implementos adecuados para desempeñar dichas funciones.

Luego del decreto de la Ley 29783 - Ley de Seguridad y Salud en el trabajo y viendo la necesidad de proteger al usuario que realiza actividades en las que se tiene exposición a riesgos a arco eléctrico, esta tesis se enfoca en la relevancia de asegurar la vida y la integridad del personal que labora directamente e indirectamente en el mantenimiento de instalaciones eléctricas.

1.4. ALCANCE Y LIMITACIONES

1.4.1. ALCANCE

Esta investigación se desarrolló con el personal, tanto personal operativo como supervisores, de una empresa localizada en Lima del sector de distribución de energía eléctrica, que realiza la instalación y el mantenimiento de paneles eléctricos; por motivos de confidencialidad, el nombre de la empresa fue omitido.

1.4.2. LIMITACIÓN TEMPORAL:

Esta investigación hace uso del número de accidentes producidos por arco eléctrico en el periodo 2010 – 2015

1.4.3. LIMITACIÓN ESPACIAL:

El ámbito geográfico es una empresa localizada en Lima del sector de distribución de energía eléctrica, que realiza la instalación y el mantenimiento de paneles eléctricos.

1.4.4. LIMITACIÓN CONCEPTUAL:

El valor de exposición a arco eléctrico expresado en cal /cm², fue determinado por la empresa. En esta investigación, se están tomando éstos valores para determinar las características necesarias.

Dentro de las especificaciones técnicas, se está tomando en cuenta las siguientes características:

- Nivel de ATPV - Arc Thermal Potencial Value: valor atribuido a los materiales que describen su performance ante la exposición a una descarga de arco eléctrico
- Composición
- Gramaje
- Construcción o Ligamento
- Resistencia a la tensión
- Resistencia al rasgado

Esta investigación se centra en determinar un artículo adecuado para la confección de una prenda de seguridad para cada nivel de riesgo a arco eléctrico. Cabe mencionar que el usuario debe de hacer uso completo de EPP's (Casco, protección visual, protección auditiva, guantes, zapatos entre otros)

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer un estudio técnico para determinar prendas de protección personal.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la tasa de accidentes por arco eléctrico para establecer las características técnicas de las prendas de protección personal.
- Determinar las características técnicas adecuadas de las prendas de protección personal para reducir los efectos de los accidentes de trabajo por arco eléctrico.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Trejo (2013) en su tesis “Comparación de la Norma NFPA 70E y la IEEE 1584 – 2002 para el análisis del arco eléctrico para el uso adecuado del equipo de protección personal”, menciona como objetivos realizar la comparación de la norma NFPA 70E y la IEEE 1584 – 2002 para determinar la energía incidente de los trabajadores en varios puntos de un sistema eléctrico de potencia industrial, determinar la categoría de riesgo de acuerdo al nivel de energía incidente e identificar el equipo de seguridad de acuerdo a las normas NFPA 70E e IEE Standard 1584 e implementar las medidas de seguridad adecuadas y saber las características de los equipos de protección (EPP) adecuadas a las categorías de peligro o riesgo. Concluye que los accidentes de Arco Eléctrico son riesgos de seguridad industriales muy peligrosos, que sugieren planes personales para los niveles de energía de riesgo de vida. Estos niveles de energía pueden

producir quemaduras graves que conducen a la muerte para proximidades cercanas al Arco Eléctrico. Además de concluir en que los valores conservadores excesivos llevan al sobre-protección de los trabajadores que corren el riesgo de otras lesiones debido al calor, visibilidad o movilidad. Esta tesis permitirá a esta investigación relacionar el nivel de energía incidente y las características de las prendas necesarias para cada categoría de riesgo.

	NFPA 70E	IEEE 1584
Requisitos	Realizar un análisis de riesgo por flameo de arco <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el límite de protección contra arco - Determinar el equipo de protección personal que se requiere dentro del límite 	Ninguna
Especifica	Practicas generales de seguridad	Métodos para realizar cálculos de riesgos por flameo de arco
Voltaje	208 V a 15 kV: Usar método empírico o métodos teórico > 15kV: Usar método teórico	208 V a 15 kV: Usar método empírico o métodos teórico > 15kV: Usar método teórico

Tabla (1) Comparación de las Normas NFPA 70E y IEEE 1584 para la protección a arco eléctrico

Fuente: Trejo 2013

Muñoz (2015) en su publicación “Estudio de accidentes eléctricos y peligro del arco eléctrico. Introducción a un programa de seguridad eléctrica”, numera los nuevos conceptos en el campo de la seguridad eléctrica, el estudio y medidas de control del fenómeno llamado arco eléctrico. Realiza una recopilación y una proyección de datos estadísticos del nivel de

accidentabilidad eléctrica en Chile en base a estadísticas de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) y de organismos públicos como SUSESO y SEREMI. Con esta proyección, el autor realiza una propuesta de un Programa Estándar de Seguridad Eléctrica integrado a los programas de prevención de riesgos o de gestión de seguridad y salud ocupacional. Esta publicación concluye lo siguiente:

- El número de accidentes eléctricos es limitado, estos representan un alto potencial de gravedad. Los peligros eléctricos requieren de un conocimiento más técnico y con un mayor y mejor enfoque preventivo.
- Tener un concepto del peligro eléctrico, supone un mayor grado de comprensión de las medidas de control de riesgos, focalizadas respecto a la operación de un sistema eléctrico. La protección eléctrica tanto hacia el trabajador como al propio sistema eléctrico debe ser integral.
- Todo sitio de trabajo utiliza electricidad, por lo que los peligros eléctricos son transversales.
- Las empresas deben favorecer tanto la operatividad del sistema eléctrico como también la seguridad del sistema hacia los usuarios.
- Se requiere especial atención en el ámbito de la seguridad eléctrica especializada para el personal electricista de potencia, que sufre graves consecuencias, especialmente en sistemas de media tensión o de alta energía (subestaciones eléctricas, tableros generales, líneas aéreas).

- Implementar un programa de Seguridad Eléctrica provee a las empresas una mejor comprensión de la forma de gestionar sus peligros eléctricos, mejora los estándares de mantención y aumenta el conocimiento del personal sobre los peligros eléctricos

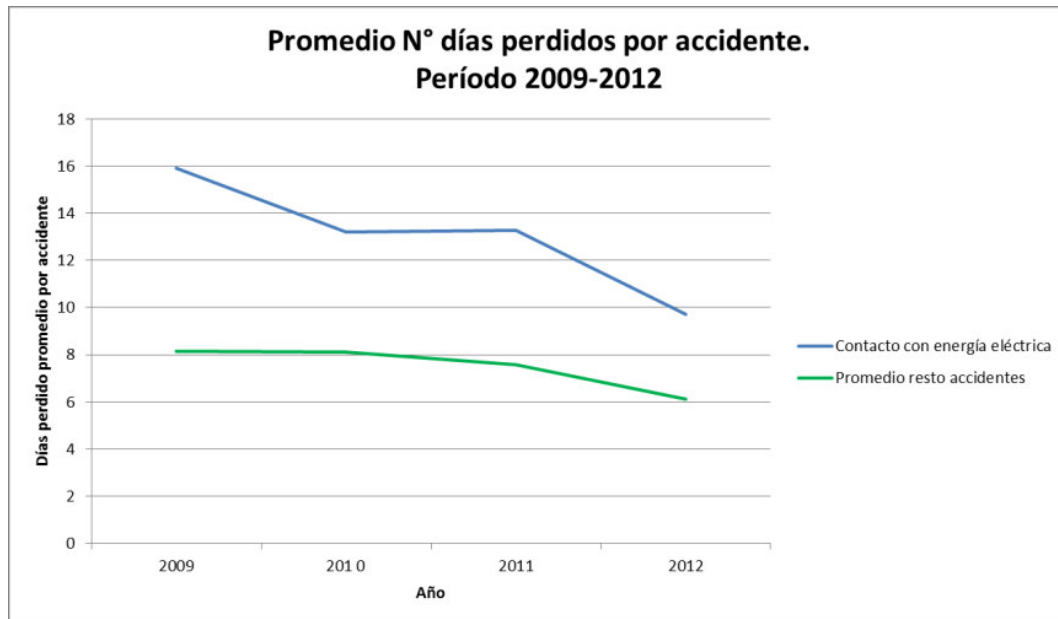


Figura (1) Indicador promedio días perdidos empresas adheridas a la ACHS (Asociación Chilena de Seguridad)

Fuente: Muñoz (2015)

Mella (2010) en su publicación “Procedimiento para equipamiento de protección personal”, estructura un plan de administración de equipos de protección personal (EPP) que consiste en:

- Identificación de necesidades: Se identifican los riesgos a los que se exponen los trabajadores en el área de trabajo para determinar el tipo y

característica del equipo o implemento de protección que se les proporcionará para su uso.

- ii. Selección de proveedores: Se seleccionan los proveedores más aptos o que ofrezcan un producto que satisfaga las necesidades requeridas cumpliendo las normativas vigentes.
- iii. Adquisición: Luego de la selección de proveedores, se procede a establecer la forma más adecuada de adquirir los productos.
- iv. Capacitación, Instrucción y Promoción de Seguridad: Tanto el personal administrativo como operativo deben de ser instruidos y asesorados, a fin de que conozcan los riesgos a los que están expuestos en el lugar de trabajo.
- v. Recepción, Inspección y Almacenamiento: Los EPP's una vez adquiridos, deben de pasar por el almacén de abastecimiento para el respectivo control de los mismos autorizando o rechazando el ingreso, finalizando en el almacenamiento hasta su distribución al personal.
- vi. Suministro y Reposición: El almacén de abastecimiento debe de promocionar los equipos de protección que son solicitados a través de Órdenes de Consumo.
- vii. Inspección y Mantenimiento: Cada área de operación es responsable de la revisión de los materiales y equipos de protección, a fin de detectar equipos dañados o deteriorados para su cambio.

viii. Disposición Final: Todo equipo de protección dañado o deteriorado que sea dado de baja, debe de ser eliminado mediante la incineración del mismo.

ix. Medición y control: Se debe de evaluar y verificar la gestión de los equipos de protección personal, desde la identificación de la necesidad de su uso hasta su disposición final.

Concluye que a pesar de que es fundamental modificar los ambientes peligrosos de trabajo en beneficio de la seguridad del trabajador, por razones económicas o por no poder cambiar dichos ambientes, se recurren a la protección de los trabajadores a través de equipos de protección personal. Adicionalmente, el autor señala que un trabajador no está libre de sufrir cualquier accidente o enfermedad ocupacional por el sólo hecho de utilizar un EPP; sino, en caso de verse afectado por un agente en particular (físico, químico o biológico) el EPP reducirá o protegerá en cierta manera la gravedad de la lesión o enfermedad ocupacional. Sin embargo, se debe tener presente la problemática del usuario que muchas veces, por incomodidad que presentan algunos equipos; no los utilizan o son mal empleados. Teniendo como consecuencia, operarios que se ven envueltos en accidentes que en ocasiones son de carácter grave.

Mella sostiene que de lo expuesto, cada empresa debe establecer como una de las prioridades la protección de la salud y seguridad de las personas, así como también dar fiel cumplimiento de las exigencias legales

que en materias de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales se refiere. Es por ello que el procedimiento establecido brinda una orientación para gestionar de la mejor manera posible el tema del equipamiento para protección personal para los trabajadores. Partiendo de una identificación de la necesidad de su uso, para luego seleccionar y adquirir el producto que sea el más adecuado para enfrentar los riesgos suscitados; capacitar al trabajador que diariamente lo va a portar, recepcionar y suministrar adecuadamente los distintos equipos; realizar inspecciones para determinar su eficiencia contra los riesgos y finalmente realizar un seguimiento del proceso y determinar las posibles mejoras que se puedan implementar.



Figura (2) Plan de administración de equipos de protección personal (EPP)

Fuente: Mella (2010)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ASOCIACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

– NFPA

Fundada en 1896, la NFPA proporciona información y conocimiento de protección contra incendios a través de más de 300 códigos y estándares de consenso, investigación, capacitación, educación, divulgación y promoción. Al asociarse con otros que comparten un interés en fomentar su misión, ayudar a salvar vidas y reducir la pérdida con información, conocimiento y pasión, la membresía de la NFPA asciende a más de 60.000 personas en todo el mundo. Fuente: NFPA (<http://www.nfpa.org/about-nfpa>)

2.2.1.1. NFPA EN EL PERÚ

A través de uno de los Capítulos Nacionales, en el Perú la NFPA tiene como objetivo principal el salvar vidas y bienes de los efectos del fuego y otros peligros promoviendo:

- La relación e integración entre los profesionales de protección contra incendios para proponer y divulgar la aplicación de la normativa sobre seguridad contra incendios.
- La mejora continua en los métodos de prevención contra incendios en el país.
- La educación en seguridad como práctica habitual como contribución a la sociedad.

- La toma de conciencia en los organismos y empresas privadas y gubernamentales y la comunidad en general para la adopción de estándares de protección contra incendios.
- El enriquecimiento de las normas a través de la transmisión de las experiencias a los comités técnicos.

Fuente: Capítulo Nacional – Perú

(<http://www.capitulosnfpa.org/paises/peru/acerca-del-capitulo.php>)

2.2.1.2. **NFPA 2112**

La norma especifica los requisitos mínimos de rendimiento y los métodos de ensayo para los tejidos y componentes resistentes a la llama y los requisitos de diseño y certificación de las prendas de vestir para uso en zonas expuestas a incendios. (NFPA 2112,2012)

2.2.1.3. **NFPA 70E**

Esta norma aborda las prácticas de trabajo relacionadas con la seguridad eléctrica para los lugares de trabajo de los empleados que son necesarias para la protección práctica de los empleados en relación con los peligros asociados con la energía eléctrica durante actividades como la instalación, inspección, operación, mantenimiento y demolición de conductores eléctricos, conductores y equipos de señalización, comunicaciones y canales. Esta norma también incluye prácticas de trabajo seguras para los empleados que realizan otras actividades de trabajo que pueden exponerlos

a peligros eléctricos como instalación de conductores y equipos que se conectan al suministro de electricidad por parte de empresas eléctricas; tales como edificios de oficinas, almacenes, garajes, talleres mecánicos y edificios recreativos que no sean parte integrante de una planta generadora, subestación o centro de control.

Según la NFPA 70E, una prenda de protección a arco eléctrico debe de cumplir los siguientes estándares de rendimiento:

a. ASTM F1506

De acuerdo al desarrollo de la ASTM, esta especificación de rendimiento que detalla los requisitos mínimos de resistencia a la llama, construcción, durabilidad y etiquetado de los textiles y subconjuntos usados en la fabricación de ropa protectora usada por los trabajadores eléctricos para proteger contra la exposición a flashes momentáneos de arco eléctrico y peligros térmicos relacionados. Esta especificación de rendimiento permite a los usuarios seleccionar prendas con las clasificaciones de arco eléctrico apropiadas para la protección de su entorno de riesgo de arco eléctrico determinado.

b. ASTM F1959

Según la ASTM, este método de ensayo está destinado a la determinación del grado de arco de un material o de una combinación de materiales. Este método de ensayo se utiliza para medir la resistencia al arco de los

materiales destinados a utilizarse como ropa resistente a la llama para los trabajadores expuestos a arcos eléctricos que generen tasas de flujo de calor de 84 a 25 120 kW / m² (2 a 600 cal / cm²).

La edición NFPA 70E 2010, fue preparada por el Comité Técnico de Seguridad Eléctrica en los Lugares de Trabajo, publicado por el Comité Técnico Correlativo en el Código Eléctrico Nacional, y llevada a cabo por la NFPA en su Reunión de Junio de la Asociación Técnica realizada los días 12-15 de Junio, 2011, en Boston, MA. Fue dictada por el Consejo de Normas el 11 de Agosto, 2011, con una fecha efectiva de 31 de Agosto, 2011 y sustituye todas las ediciones previas. Esta edición de la NFPA 70E fue aprobada como una Norma Nacional Estadounidense el 31 de Agosto, 2011 (NFPA 70E, 2012)

2.2.2. NORMATIVA PERUANA : LEY 29783 – LEY DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

En el título I: Disposiciones Generales

ARTÍCULO 1. OBJETO DE LA LEY:

La Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del

diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

ARTÍCULO 2. ÁMBITO DE APLICACIÓN:

La presente Ley es aplicable a todos los sectores económicos y de servicios; comprende a todos los empleadores y los trabajadores bajo el régimen laboral de la actividad privada en todo el territorio nacional, trabajadores y funcionarios del sector público, trabajadores de las Fuerzas Armadas y de la Policía Nacional del Perú, y trabajadores por cuenta propia.

ARTÍCULO 3. NORMAS MÍNIMAS:

La presente Ley establece las normas mínimas para la prevención de los riesgos laborales, pudiendo los empleadores y los trabajadores establecer libremente niveles de protección que mejoren lo previsto en la presente norma.

En el título V Derechos y Obligaciones, Capítulo I: Derecho y obligaciones de los empleadores

ARTÍCULO 60: EQUIPOS PARA LA PROTECCIÓN:

El empleador proporciona a sus trabajadores equipos de protección personal adecuados, según el tipo de trabajo y riesgos específicos presentes en el desempeño de sus funciones, cuando no se puedan

eliminar en su origen los riesgos laborales o sus efectos perjudiciales para la salud este verifica el uso efectivo de los mismos.

ARTICULO 61: REVISIÓN DE INDUMENTARIA Y EQUIPOS DE TRABAJO

El empleador adopta las medidas necesarias, de manera oportuna, cuando se detecte que la utilización de indumentaria y equipos de trabajo o de protección personal representa riesgos específicos para la seguridad y salud de los trabajadores, contratistas, subcontratistas, empresas especiales de servicios y cooperativas de trabajadores; o quien asuma el contrato principal de la misma, es quien garantiza:

Fuente: Ley 29783- Ley de Seguridad y Salud Ocupacional, 2011

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. ACCIDENTE DE TRABAJO:

Situación ocurrida en el desempeño de trabajo que puede causar lesiones mortales o lesiones que producen incapacidad tanto temporal o permanente. (OIT, Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, 1996)

2.3.2. ANÁLISIS DE RIESGO DE ARCO ELÉCTRICO:

Estudio para investigar la exposición potencial de un trabajador a la energía de un arco eléctrico, conducido con el propósito de prevención de daños y

la determinación de prácticas laborales seguras, límite de un arco eléctrico y los niveles apropiados de EPP. (NFPA 70E, 2012)

2.3.3. ARC RATING: ARC THERMAL POTENCIAL VALUE – ATPV:

Valor atribuido a los materiales que describen su performance ante la exposición a una descarga de arco eléctrico. El índice de arco está expresado en cal/cm² y está derivado del valor determinado del valor de performance térmica de arco (ATPV) o del *Energy Breakopen Threshold* (EBT) (en caso de que un material demuestre una rotura como respuesta en un bajo valor de ATPV). El índice de arco está representado tanto como ATPV o EBT cualquiera que fuera el valor más bajo. Representa la capacidad máxima de protección a un arco eléctrico, es valorizado en cal/cm². (Glosario de Términos de NFPA, 2016)

2.3.4. ARCO ELÉCTRICO

Cevallos y Herdoiza, 2010, sostienen que un arco eléctrico es un tipo de explosión eléctrica que es el resultado del flujo de la corriente eléctrica a través del aire, en conductores de fase a fase, neutral o a tierra. Este tipo de explosiones libera grandes cantidades de energía concentrada en fracción de segundos, lo que da como resultado temperaturas extremadamente altas, estas pueden llegar a temperaturas mayores a 19,000 °C. Un arco eléctrico es una transmisión de corriente eléctrica a través del aire entre un conductor vivo expuesto a otro o a tierra. Produce

temperaturas extremadamente altas, intenso calor radiante, explosiones sonoras y ondas de presión, destellos de luz intensa. Dependiendo de la intensidad del arco eléctrico, éste puede ser catastrófico.

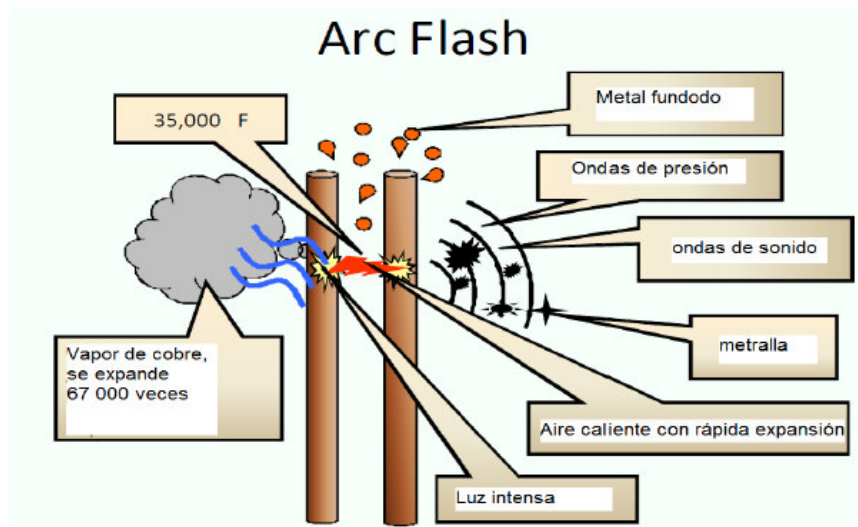


Figura (3). Arco Eléctrico
Fuente: Cevallos y Herdoiza, 2010

Mariscal, 2014, señala que un arco eléctrico es el paso sustancial de energía a través del aire ionizado, el cual tiene una duración aproximada de menos de un segundo; sin embargo, debido a sus características y a la magnitud de la descarga, sus consecuencias son fatales, al igual que las del fuego repentino, pues pueden llegar a incendiar o derretir cualquier tipo de prenda convencional.



Figura (4) Arco eléctrico de 8.4 cal/cm²

Fuente: Westex by Milliken, 2014

Las etapas del arco eléctrico se dividen en tres, aunque las consecuencias de todas son fatales.

- i. Primera Etapa – La ráfaga de arco: Ésta se debe a que las altas temperaturas ocasionadas por el arco eléctrico generan una onda explosiva que vaporiza el metal conductor. Los riesgos asociados son la alta presión (que puede ser mayor a 100 o 1 mil libras por pie cuadrado), el sonido (que alcanza niveles superiores a los 160 decibeles) y el metal conductor fundido (que puede alcanzar velocidades mayores a los 1 mil 600 kilómetros por hora).

- ii. Segunda Etapa – El relámpago de arco: Alcanza temperaturas de hasta 19,000 °C; por esta razón, se recomienda protegerse contra arco eléctrico y fuego repentino. El relámpago de arco se presenta cuando una corriente eléctrica pasa a través del aire entre conductores sin conexión a tierra o entre conductores con conexión a tierra y conductores sin conexión a tierra. La exposición a estas temperaturas extremas causa quemaduras de piel y ocasiona que la ropa se incendie, lo que incrementa las lesiones por quemadura. La mayoría de las admisiones en hospitales por accidentes eléctricos se deben a quemaduras por arco eléctrico, no por choques eléctricos. El relámpago de arco puede ocasionar la muerte a una distancia de 3 metros (10 pies).

- iii. Tercera Etapa – El choque eléctrico: Produce una estimulación repentina del sistema nervioso y la contracción convulsiva de los músculos. El choque eléctrico ocurre siempre que existe una diferencia de potencial entre el cuerpo de las personas en contacto con el equipo y el conductor que toque, de modo que cuando la corriente fluye de un punto a otro a través de un cuerpo cualquiera, la persona se convierte en un conductor.

2.3.4.1. CAUSAS DE UN ARCO ELÉCTRICO

Cevallos y Herdoiza, 2010, mencionan que las causas de un arco eléctrico en una instalación pueden ser:

- Causas Evolutivas: son consecuencia de un debilitamiento de la resistencia de aislamiento entre fases o entre fases y tierra, este debilitamiento puede ser por la formación de depósitos, impurezas, polvo, corrosión, etc. Se observa este tipo de fenómeno en instalaciones que tiene procesos de producción por periodos largos, ya que debido a esto no se aplican los procesos de mantenimientos respectivos. La degradación progresiva del aislamiento puede igualmente deberse a un calentamiento en terminales, cables, por ejemplo, por una mala conexión o por un aflojamiento progresivo de un borne. La elevación de la temperatura en un punto próximo a uno defectuoso puede inducir a la descomposición de los aislantes cercanos, y como consecuencia producirse una descarga de arco.
- Causas Mecánicas: Las causas mecánicas se deben a la intervención de un elemento ajeno a la propia estructura de la instalación, este es el caso de intervenciones inadecuadas del personal de mantenimiento, no siempre se respetan estrictamente las normas que fijan precauciones a tomar en caso de actuaciones en partes bajo tensión. Se observa por ejemplo, que para no perturbar el funcionamiento general de una instalación, un electricista que tiene que realizar una verificación, abre

los paneles posteriores de un MCC, y sobre el juego de barras se pone a trabajar, pensando que tendrá suficiente cuidado, si una herramienta se resbala y escapa de las manos, está cae sobre las barras, y se produce una descarga de arco con consecuencia de quemaduras serias para el trabajador imprudente.

- Por Sobre-tensiones: Cuando el espacio de aire entre conductores de diferentes fases es muy estrecho (debido a la mala calidad del diseño o al daño de los conductores), el arco puede ocurrir durante una sobretensión temporal. Algunas sobretensiones de valores elevados, pueden producir descargas en paneles bien diseñados e instalados. En la redes de BT pueden encontrarse valores de hasta 8 o 10KV. Por ejemplo cuando se energizan o des-energizan los transformadores. La instalación de limitadores de sobretensión en los bornes de BT, es el mejor medio de protegerse contra este tipo de incidentes.

Trejo, 2013, sostiene que el arco eléctrico es un evento cada vez que un material conductor se acerca a partes vivas expuestas. Hay dos factores principales que contribuyen a que puedan influir en la probabilidad de un arco eléctrico: fallo del equipo y errores humanos.

La mayoría de los incidentes de arco probablemente son causados por errores humanos; abandonando herramientas, el contacto accidental con partes bajo tensión y herramientas sueltas o las que quedan en el equipo de los trabajadores anteriores.

Problemas en los equipos que pueden contribuir a la probabilidad de un arco eléctrico pueden incluir:

- Daños en el aislamiento que expone las partes activas
- La corrosión o acumulación de residuos
- Una instalación incorrecta
- Sobrecarga de corriente
- Transitorios de tensión

La mayoría de los incidentes de arco eléctrico se produce en los equipos que operan entre 120V y 240V, pero los destellos de arco pueden suceder con tensiones tan bajas como 50 V.

2.3.4.2. CONSECUENCIAS DE UN ARCO ELÉCTRICO

Cevallos y Herdoiza, 2010, sostienen que el arco eléctrico es un peligro inminente que tienen los trabajadores que están relacionados con la parte eléctrica, esto tiene muchos riesgos, los mismos que pueden ser reducidos si se aplican procesos adecuados y el uso de normas para todas estas actividades. Los riesgos a que se genere un arco eléctrico están relacionados con el diseño y sus factores que son: calidad de los aislantes, distancias mínimas de aislamiento, apriete adecuado de las conexiones, rigidez de las barras entre los soportes, dimensión de la barras para soportar eventuales sobre-intensidades, accesibilidad de

animales a las partes con tensión. También tenemos factores como entrada intempestiva de agua o de vapor en un panel, vibraciones excesivas provocadas por la proximidad de ciertas máquinas. Los riesgos a la descarga de arco tiene un valor significativo cuando interviene personal en partes o equipos energizados, si el personal que lo realiza no está calificado, no tiene la buena predisposición para seguir los procedimientos, y no tiene el uso de las buenas prácticas de seguridad industrial.

Quemaduras fatales pueden ocurrir cuando hay una víctima de una descarga de arco eléctrico. Quemaduras serias pueden resultar a una distancia de 10 pies. Se han realizado pruebas que demuestran que las temperaturas alcanzan valores superiores a los 437°F cerca del cuello y las manos de una persona que se encuentre cerca de una determinada zona de influencia del arco eléctrico.

La descarga de arco produce el desprendimiento de material derretido, el mismo que es disparado a altas velocidades, estos pueden atravesar las partes del cuerpo fácilmente.

Por el calor que se genera la ropa se puede incendiar a algunos pies de distancia. Los lugares del cuerpo que están cubiertos por la ropa pueden ser afectados con daños más serios que las que no están cubiertas.

Las ondas de presión que se generan pueden expulsar a una persona a una distancia considerable, esta presión puede alcanzar valores superiores a las 2000 lbs/pies².

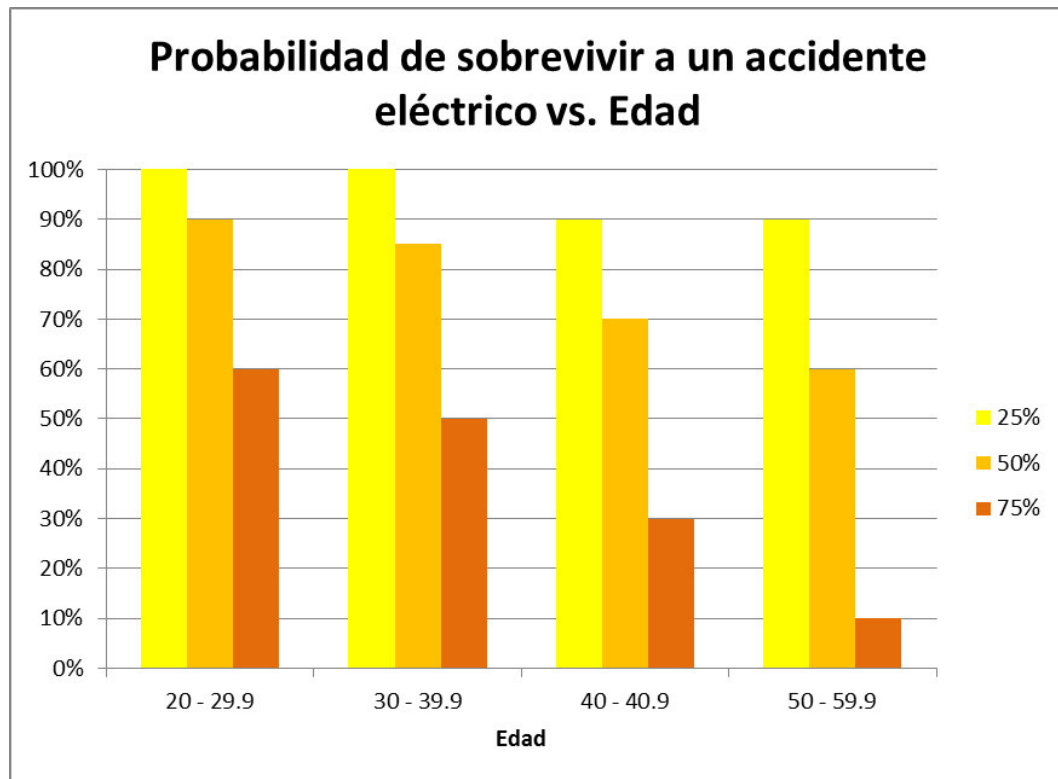


Gráfico (1) Probabilidad de sobrevivir en las personas de acuerdo a su edad.

Elaboración propia Fuente: Internet Easypower.com

2.3.5. **ASTM : AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS:**

Organización internacional encargada de desarrollar estándares y normas

(www.astm.org)

2.3.6. **cal/cm²:**

Cantidad de energía que se entrega a un punto en una distancia desde un arco eléctrico. (Glosario de Términos de NFPA, 2016)

2.3.7. CALORÍA:

Cantidad de calor necesaria para elevar 1 gramo de agua 1 ° C a la presión de 1 atmósfera y temperatura de 15 ° C; Una caloría es 4.184 julios, y hay 252.15 calorías en una unidad térmica británica (Btu) (Glosario de Términos de NFPA, 2016)

2.3.8. CALOR CONVECTIVO:

Transferencia de calor por el movimiento de fluidos de un gas o líquido. (Glosario de Términos de NFPA, 2016)

2.3.9. CALOR RADIANTE:

Energía térmica transportada por ondas electromagnéticas que son más largas que las ondas de luz y más cortas que las ondas de radio; El calor radiante (radiación electromagnética) aumenta la temperatura sensible de cualquier sustancia capaz de absorber la radiación, especialmente objetos sólidos y opacos (Glosario de Términos de NFPA, 2016)

2.3.10. CURVA DE STOLL

Curva que determina la clasificación de la transferencia de energía térmica (calorías) en función del tiempo de transferencia y del nivel de energía calorífica producida. (ArcWear, www.arcwear.com)

2.3.11. ENCOGIMIENTO TÉRMICO:

Reducción de la dimensión producida por la exposición a extremas temperaturas. (Glosario de Términos de NFPA, 2016)

2.3.12. ENERGÍA INCIDENTE:

Cantidad de energía impuesta sobre una superficie a una cierta distancia de la fuente generada durante un evento de arco eléctrico. Una de las unidades utilizadas para medir la energía incidente es calorías por centímetro cuadrado (cal/cm^2). (NFPA 70E, 2012)

2.3.13. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Pérez, 2012, define un Elemento de Protección Personal (EPP) a cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le brinde protección de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. Son empleados para combatir los riesgos de accidentes y de perjuicios para la salud, es prioritaria la aplicación de medidas técnicas y organizativas destinadas a eliminar los riesgos en su origen o a proteger a los trabajadores mediante disposiciones de protección colectiva. Cuando estas medidas se revelan insuficientes, se impone la utilización de equipos de protección individual a fin de prevenir los riesgos residuales ineludibles. El uso de un EPP o de una combinación de estos contra uno o varios riesgos puede provocar una serie de molestias. Por consiguiente, al elegir un EPP apropiado, no sólo se debe tener en cuenta el nivel de seguridad necesario, sino también la comodidad. La elección deberá basarse en el estudio y la evaluación de los riesgos complejos presentes en el lugar de trabajo. Esto comprende la duración de

la exposición a los riesgos, la frecuencia y la gravedad, las condiciones existentes en el trabajo y su entorno, el tipo de daños posibles para el trabajador y su constitución física. Sólo son aptos para el uso, los equipos de protección individual que se hallan en perfectas condiciones y pueden asegurar plenamente la función protectora prevista.

Pérez clasifica los EPP en:

- Protección respiratoria
- Calzado de uso profesional
- Protección visual
- Guantes
- Casco
- Ropa de trabajo
- Arnesees y cinturones

2.3.2.1. PRENDA DE PROTECCIÓN EPP

Pérez, 2012, sostiene que una prenda de protección es aquella ropa que sustituye o cubre la ropa personal, y que está diseñada para proporcionar protección contra uno o más peligros. Usualmente, la ropa de protección se clasifica en función del riesgo específico para cuya protección está destinada. Así, y de un modo genérico, consideran los siguientes tipos de prendas de protección:

- Ropa de protección frente a riesgos de tipo mecánico
- Ropa de protección frente al calor y el fuego
- Ropa de protección frente a riesgo químico
- Ropa de protección frente a la intemperie
- Ropa de protección frente a riesgos biológicos
- Ropa de protección frente a radiaciones (ionizantes y no ionizantes)
- Ropa de protección de alta visibilidad
- Ropa de protección frente a riesgos eléctricos
- Ropa de protección antiestática

En cuanto a las clases existentes para cada tipo de ropa (en el caso de existir), estas se determinan en función del denominado "nivel de prestación". Estos niveles de prestación consisten en números que indican unas categorías directamente relacionados con los resultados de los ensayos contenidos en las normas técnicas, destinadas a la evaluación de la conformidad de la ropa de protección y en consecuencia, constituyen unos indicadores del grado de protección ofrecido por la prenda.

2.3.2.2. PRENDA DE PROTECCIÓN CONTRA ARCO ELÉCTRICO

Pérez, 2012, señala que en baja tensión se utilizan prendas compuestas fundamentalmente por algodón o mezclas, mientras que en alta tensión se utiliza ropa conductora. Por su parte, la ropa anti-estática se utiliza en

situaciones en las que las descargas eléctricas debida a la acumulación de electricidad estática en la ropa pueden resultar altamente peligrosas (atmósferas explosivas). Para su confección se utilizan ropas conductivas utilizando fibras sintéticas con núcleo de carbón, etc.

En el lugar de trabajo, el cuerpo del trabajador puede hallarse expuesto a riesgos de naturaleza diversa, los cuales pueden clasificarse en dos grupos, según su forma de actuación:

- Lesiones del cuerpo por agresiones externas.
- Riesgos para la salud o molestias vinculados al uso de prendas de protección.

La elección de una prenda de protección requerirá, en cualquier caso, un conocimiento amplio del puesto de trabajo y de su entorno. Por ello, la elección debe ser realizada por personal capacitado, y en el proceso de elección la participación y colaboración del trabajador será de capital importancia.

A la hora de elegir prendas de protección se buscará una solución de compromiso entre la protección ofrecida y la comodidad y libertad de movimientos. Por tanto, las prendas de protección se deberán adquirir, en particular, en función del tipo y la gravedad de los riesgos presentes, así como de las solicitudes a que van a estar sometidas, de las indicaciones del fabricante (folleto informativo), del rendimiento del equipo (p. ej. clases de protección, ámbitos de uso específicos) y de las necesidades ergonómicas y fisiológicas del usuario.



Figura (5) EPP contra arco eléctrico

Fuente: Westex by Milliken

Muñoz, 2015, sostiene que de acuerdo a la norma NFPA 70E, la categoría de riesgo (HRC, *Hazard Risk Category*, categoría de riesgo/peligro) en un equipo eléctrico, se establece desde el nivel 0 hasta el nivel 4, en función del nivel de energía incidente del sistema eléctrico como potencial de falla (principalmente derivada de un cortocircuito). Este requisito tiene que ver con los accidentes por relámpago de arco eléctrico y la adecuada protección para el personal expuesto. El ATPV relacionado a cada categoría establece el uso de equipamiento a partir de la energía incidente mayor.

La Tabla (2) muestra la categoría de riesgo de acuerdo a la energía incidente calculada para determinar el riesgo y los requerimientos de equipos de protección personal, ver Anexo V.

Energía incidente Calculada (cal/cm ²)	Categoría de riesgo	Valor mínimo ATPV en EPP
0 – 1.0	0	N/A
1.1 – 4.0	1	4
4.1 – 8.0	2	8
8.1 – 25.0	3	25
25.1 – 40.0	4	40

Tabla (2) Categoría de riesgo eléctrico según NFPA 70E

Fuente: NFPA 70E, Tabla 130.7 (C) (16)

2.3.14. **FUEGO REPENTINO:**

Fuego que se propaga por medio de un frente de llama rápidamente a través de un combustible difuso, como polvo, gas o los vapores de un líquido ignífugo, sin que se produzca una presión perjudicial. (Glosario de Términos de NFPA, 2016)

2.3.15. **IGNÍFUGO**

Que no se inflama ni propaga la llama o el fuego (Real Academia de la Lengua Española)

2.3.16. **INCAPACIDAD LABORAL:**

Incapacidad para realizar las tareas habituales del trabajo. (OIT, Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, 1996)

2.3.17. **INCIDENTE DE TRABAJO:**

Suceso acaecido en el curso del trabajo o en relación con el trabajo, en el que la persona afectada no sufre lesiones corporales, o en el que éstas sólo

requieren cuidados de primeros auxilios (OIT, Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, 1996)

2.3.18. HRC - HAZAR RISK CATEGORY – CATEGORÍA DE RIESGO:

Categorización de los riesgos de acuerdo al nivel de energía incidente al que está expuesto, está determinado por la cantidad mínima de calorías por centímetro cuadrado (ATPV o cal / cm²) (NFPA 70E, 2012)

2.3.19. LESIÓN PROFESIONAL:

Defunción, lesión corporal o enfermedad que tenga su origen en un accidente de trabajo. (OIT, Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, 1996)

2.3.20. LESIÓN PROFESIONAL MORTAL:

Lesión profesional que es causa de defunción. (OIT, Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, 1996)

2.3.21. LESIÓN PROFESIONAL NO MORTAL:

Lesión profesional que no es causa de defunción. (OIT, Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, 1996)

2.3.22. LIGAMENTO CONSTRUCCIÓN:

Determina el tipo de tejido plano por la combinación del entrecruzamiento de los hilos de urdimbre y trama.

2.3.23. PERSONA CALIFICADA:

Persona que tiene las destrezas y el conocimiento relacionado con la construcción y operación del equipo e instalaciones eléctricas y ha recibido

capacitación de seguridad para reconocer y evitar los peligros inherentes.

(NFPA 70E, 2012)

2.3.24. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Mide la fuerza de tensión necesaria, aplicada en direcciones opuestas y paralelas, hasta lograr la ruptura de la tela (ASTM 5034)

2.3.25. RESISTENCIA AL RASGADO

Mide la cantidad de esfuerzo que se necesita para rasgar la tela (ASTM D1424)

2.3.26. SARGA

Ligamento en el que se produce el entrecruzamiento de dos o tres hilos de la urdimbre con un hilo de la trama en filas alternadas. Se caracteriza por las líneas diagonales marcadas.

2.3.27. SATÍN O SATÉN

Ligamento que se logra pasando los hilos de urdimbre encima de unos de cuantos de trama, con un entrecruzamiento mínimo.

2.3.28. TAFETAN O TAFETA

Ligamento en el que cada hilo de la urdimbre se entrelaza con un hilo de la trama (1 x 1).

2.3.29. TEJIDO PLANO:

Entrecruzamiento de los hilos de urdimbre y trama.

2.3.30. TRAMA:

Hilos transversales que determinan el ancho de la tela.

2.3.31. **URDIMBRE:**

Hilos longitudinales que van en paralelo con los orillos de la tela

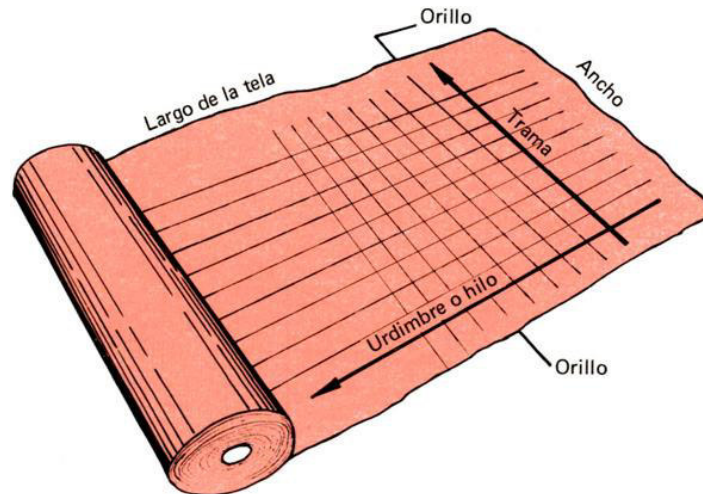


Figura (6) Tejido Plano

2.3.32. **VOLTAJE NOMINAL:**

Valor nominal asignado a un circuito o sistema, para designar convenientemente su nivel de tensión. La tensión real a la que funciona un circuito puede variar con respecto a la nominal dentro de un margen que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos. (NFPA 70E, 2012)

3. CAPÍTULO III: FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1. HIPÓTESIS GENERAL

El estudio técnico para determinar prendas de protección personal contribuye a reducir los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico.

3.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La tasa de accidentes por arco eléctrico establece las prendas de protección personal
- El definir las características técnicas adecuadas de las prendas de protección personal reducen los efectos de los accidentes de trabajo por arco eléctrico

3.3. VARIABLES

De la hipótesis general se tiene:

- Variable Independiente: Estudio técnico
- Variable Dependiente 1: Determinar prendas de protección personal
- Variable Dependiente 2: Los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico

De las hipótesis secundarias se tienen:

- Variable Independiente: La tasa de accidentes por arco eléctrico
- Variable Dependiente: Características técnicas de las prendas de protección personal
- Variable Independiente: Características técnicas adecuadas de las prendas de protección personal
- Variable Dependiente: Efectos de los Accidentes de trabajo por arco eléctrico

4. CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo descriptivo y explicativo orientada a prendas de protección personal. Trata de establecer una relación causal entre la variable “Estudio técnico” y las variables “Determinación de prendas de protección personal” y “Efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico”.

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para la investigación se recopiló información de las notificaciones de accidentes de la empresa del periodo 2010 – 2015, se realizó un análisis de antecedentes de estudios e implementaciones de salud y seguridad ocupacional en Chile.

Se describieron las prendas de protección que son utilizadas por la empresa. Adicionalmente, se solicitó a la empresa realizar un análisis de riesgo para determinar el nivel de arco eléctrico al que está expuesto el operario y el supervisor de acuerdo a las actividades que desempeñan.

Se desarrolla la identificación de las necesidades por cada nivel de tensión en base al análisis de riesgo que fue realizado, se determinan artículos acorde a las necesidades y éstos son enviados a un laboratorio a evaluación de su desempeño ante un arco eléctrico.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

4.3.1. POBLACIÓN

La población de estudio comprendió a todos los trabajadores, tanto operarios como supervisores en el periodo 2016 de la empresa de Lima. La empresa cuenta con 250 trabajadores, que realizan instalación y mantenimiento de paneles eléctricos.

4.3.2. MUESTRA

Para la investigación no se utilizó una muestra, sino la población; ya que el estudio se centró en identificar las características necesarias para determinar un artículo para la protección de los usuarios en base a las actividades que realizan todos los trabajadores.

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos, se ha utilizado:

- Observación indirecta
- Análisis de documentos
 - Notificación de accidentes provocados por arco eléctrico 2010 – 2015
 - Análisis de riesgo
 - Fichas técnicas EPP

4.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el procesamiento de los datos se ha utilizado el software Excel para el análisis descriptivo.

5. CAPÍTULO V: ESTUDIO TÉCNICO

5.1. DETERMINACIÓN DE LA LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se realizó en una empresa localizada en Lima del sector de distribución de energía eléctrica, que realiza la instalación y el mantenimiento de paneles eléctricos.

5.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DEL ESTUDIO

La población de estudio comprendió a todos los trabajadores, tanto operarios como supervisores en el periodo 2016 de la empresa de Lima; la empresa cuenta con 250 trabajadores.

5.3. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

5.3.1. REGISTRO DE ACCIDENTES PROVOCADOS POR ARCO ELÉCTRICO

De acuerdo a los informes y registro de accidentes, en la tabla (3) se muestra la cantidad de accidentes ocurridos al personal de la empresa en el periodo 2010 – 2015 de acuerdo al nivel de Tensión.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total	%
Accidentes de baja tensión	24	20	18	16	15	13	106	58%
Accidentes de media tensión	17	13	8	7	8	6	59	32%
Accidentes de alta tensión	7	4	3	2	1	1	18	10%
Total de Accidentes	48	37	29	25	24	20	183	100%

Tabla (3) Cantidad de accidentes periodo 2010 – 2015

Fuente: Elaboración Propia

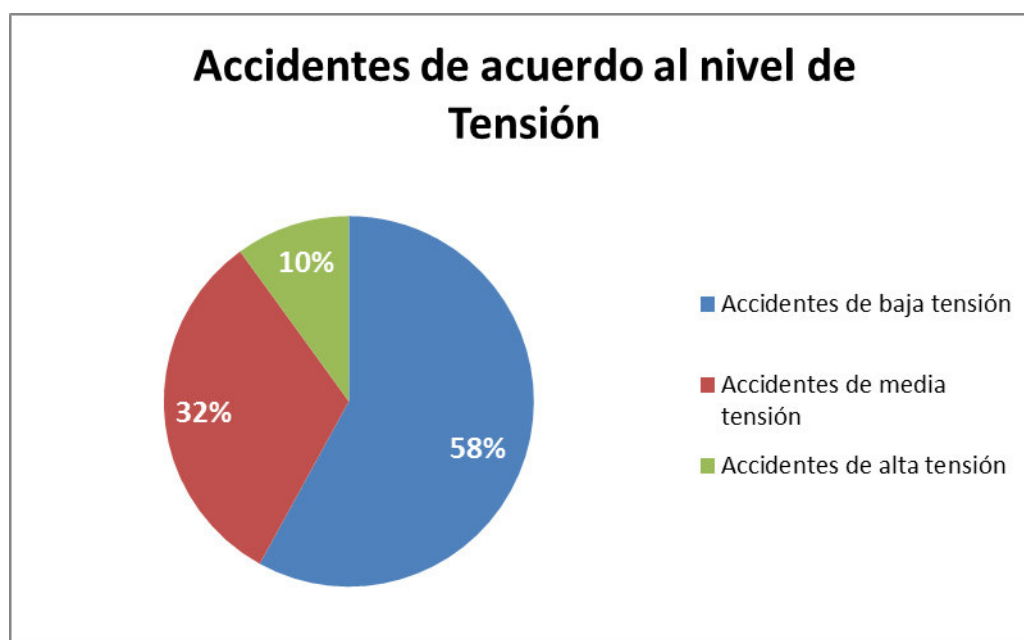


Gráfico (2) Cantidad de accidentes periodo 2010 – 2015

Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico (2) se observa que el porcentaje de ocurrencias de accidentes de baja tensión en el periodo 2010 – 2015 es de 58% mientras que los accidentes de media y alta tensión son de 32% y 10% respectivamente.

5.3.2. DESCRIPCIÓN DE PRENDAS DE PROTECCIÓN DE LA EMPRESA

Las prendas de protección que tiene la empresa, están distribuidas de acuerdo al nivel de tensión en el que se desempeña el usuario; éstas tienen las características:

- **Trabajo a baja tensión:** Trabajos en paneles eléctricos de 0 a 1KV
 - Camisa y Pantalón Ignífugo
 - Composición: 93% Nomex® – 5% Kevlar® – 2% Fibra antiestático
 - ATPV: 8.5 cal/cm²
 - Gramaje: 6.5 oz/yd² – 220.35gr/m²
- **Trabajo a media tensión:** Trabajos en paneles eléctricos de 1KV a 33 KV
 - Mameluco / Overol Ignífugo
 - Composición: Una capa de 93% Nomex® – 5% Kevlar® – 2% Fibra antiestático y una capa de 65% Modacrílico - 23% Nomex® – 10% Kevlar® – 2% Fibra antiestático
 - ATPV: 21.2 cal/cm²
 - Gramaje: 12.5 oz/yd² – 423.75gr/m²

- **Trabajo a alta tensión:** Trabajos en paneles eléctricos a tensiones mayores a 33KV
 - Mameluco / Overol Ignífugo
 - Composición: Dos capas de 65% Modacrílico - 23% Nomex® – 10% Kevlar® – 2% Fibra antiestático
 - ATPV: 39.9 cal/cm2
 - Gramaje: 16 oz/yd2 – 542.4gr/m2

Los niveles de ATPV para las prendas que son utilizadas por los trabajadores, fueron tomados de las fichas técnicas de los artículos brindados por la empresa.

5.3.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES – ANÁLISIS DE RIESGO

Se identificaron las actividades de acuerdo a la normativa NFPA 70E,

- **Análisis de Riesgo actividades a baja tensión**

Actividades	Nivel APTV Expuesto (cal/cm2)	Nivel de Protección Prenda (cal/cm2)
Paneles eléctricos u otros equipos indicados para 240 V y por debajo		
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	1.2	8.5
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	3	8.5
Retiro/Instalación de Interruptores Automáticos o conmutadores con fusibles	2.4	8.5
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	3.5	8.5

Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente de un circuito derivado del tablero de distribución	4	8.5
Paneles de Distribución o tableros de distribución con tensión nominal >240 V y hasta 600 V		
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	4	8.5
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	7.8	8.5
Retiro/Instalación de Interruptores Automáticos o conmutadores con fusibles	7.6	8.5
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4	8.5
Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente de un circuito derivado del tablero de distribución	7.5	8.5
Clase de Tablero de Conexión 600 V (con corta circuitos eléctricos o conmutadores de fusibles) y Clase de Paneles de Interruptores 600 V.		
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	7.6	8.5
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	8	8.5
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	1.5	8.5
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	8	8.5
Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	30.6	8.5
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	8	8.5
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	28.3	8.5

Tabla (4) Actividades a baja tensión

Fuente: Elaboración Propia

A través de la matriz de riesgo (Anexo II y III) y de los datos obtenidos a través de la observación indirecta, se identificaron las siguientes observaciones y características necesarias:

- Negligencia del trabajador: uso incorrecto de prendas de protección (brazos descubiertos y cubierta de cuello desabrochada)
- Composición de la prenda de protección: Sintético
- Mejorar la ergonomía del trabajador a través del cambio de composición de la tela
- En actividades en paneles de 600 V protección insuficiente de la prenda de protección.
- **Análisis de Riesgo actividades a media tensión**

Actividades	Nivel APTV Expuesto (cal/cm2)	Nivel de Protección Prenda
Arrancadores de motores NEMA E2 (contacto con fusibles), 2.3 kV a 7.2 kV		
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	22.5	21.2
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	27.6	21.2
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	41	21.2
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	20	21.2
Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	28.7	21.2
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	23.8	21.2
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	26.4	21.2

Tabla (5) Actividades a media tensión
Fuente: Elaboración Propia

A través de la matriz de riesgo (Anexo IV) y de los datos obtenidos a través de la observación indirecta, se identificaron las siguientes observaciones y características necesarias:

- Aumentar el nivel de protección de las prendas
- Mejorar la ergonomía del trabajador a través del cambio de composición de la tela
 - Composición de la prenda de protección: Sintético
- En ciertas actividades a media tensión, protección insuficiente de la prenda de protección.
- **Análisis de Riesgo actividades a alta tensión**

Actividades	Nivel APTV Expuesto (cal/cm2)	Nivel de Protección Prenda
Tableros de potencia encerrados en metal, 1kV a 38 kV		
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	25	39.9
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	38.7	39.9
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	3.8	39.9
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	30.8	39.9
Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	43.7	39.9
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	39.8	39.9
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	40.1	39.9

Tabla (6) Actividades a alta tensión
Fuente: Elaboración Propia

A través de la matriz de riesgo (Anexo V) y de los datos obtenidos a través de la observación indirecta, se identificaron las siguientes observaciones y características necesarias:

- Mejorar la ergonomía del trabajador a través del cambio de composición de la tela
 - Composición de la prenda de protección: Sintético
- En ciertas actividades a alta tensión, protección insuficiente de la prenda de protección.
- Para la actividad de exposición menor a 120V, se tiene una sobreprotección al trabajador.

5.3.4. PROPUESTA DE ARTÍCULOS

En el proceso de identificación de necesidades, se detectó que ciertas de las actividades están expuestas a un nivel a arco eléctrico mayor al nivel de protección de las prendas empleadas. Adicionalmente, el personal operativo no utilizaba correctamente las prendas de protección; ya que éstas no ofrecían al usuario comodidad. Es por ello que a partir de las características requeridas, la asignación de un artículo textil será en base al nivel de energía incidente del arco

eléctrico, según los valores mostrados en las tablas anteriores del proceso de identificación de necesidades. Se tienen las siguientes propuestas:

- **Propuesta para prenda de protección para riesgos de categoría 0 y 1:**

- Nivel de ATPV - Arc Thermal Potencial Value: 8 cal/cm²
- Composición: 100% Algodón
- Gramaje: 254 gr/m²
- Construcción o Ligamento: Sarga 3/1
- Resistencia a la tensión:
 - Urdimbre: 40.82 KgF
 - Trama: 27.22 KgF
- Resistencia al rasgado:
 - Urdimbre: 3.18 KgF
 - Trama: 3.63 KgF

Se propone utilizar un artículo 100% Algodón Inherentemente ignífuga para mejorar la ergonomía del trabajador y evitar la pérdida de la funcionalidad ignífuga.

Se propone además, utilizar un ligamento sarga para tener mejor desempeño y prolongar la vida útil de la prenda.

- **Propuesta para prenda de protección para riesgos de categoría 2:**

- Nivel de ATPV - Arc Thermal Potencial Value: 8.7 cal/cm²
- Composición: 88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad
- Gramaje: 260 gr/m²
- Construcción o Ligamento: Sarga 3/1
- Resistencia a la tensión
 - Urdimbre: 48.97 KgF
 - Trama: 31.71 KgF
- Resistencia al rasgado
 - Urdimbre: 3.91 KgF
 - Trama: 4.41 KgF

Se propone utilizar un artículo 88% Algodón – 12% Nylon de Alta tenacidad Inherentemente ignífuga para mejorar la ergonomía del trabajador y evitar la pérdida de la funcionalidad ignífuga.

Se propone además, la adición del Nylon para mejorar las resistencias tensión y rasgado y utilizar un ligamento sarga para tener mejor desempeño y prolongar la vida útil de la prenda.

- **Propuesta para prenda de protección para riesgos de categoría 3:**
 - Nivel de ATPV - Arc Thermal Potencial Value: 26 cal/cm²
 - Composición: 88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad (2 Capas)
 - Gramaje: 520 gr/m²
 - Construcción o Ligamento: Sarga 3/1
 - Resistencia a la tensión
 - Urdimbre: 56.36 KgF
 - Trama: 35.62 KgF
 - Resistencia al rasgado
 - Urdimbre: 4.75 KgF
 - Trama: 5.38 KgF

Se propone utilizar un artículo 88% Algodón – 12% Nylon de Alta tenacidad Inherentemente ignífuga para mejorar la ergonomía del trabajador y evitar la pérdida de la funcionalidad ignífuga. Se plantea utilizar una doble capa para cumplir el nivel de energía incidente al que estará expuesto.

Se propone además, la adición del Nylon para mejorar las resistencias tensión y rasgado y utilizar un ligamento sarga para tener mejor desempeño y prolongar la vida útil de la prenda.

- **Propuesta para prenda de protección para riesgos de categoría 4:**
 - Nivel de ATPV - Arc Thermal Potencial Value: 46 cal/cm²
 - Composición: 88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad (3 Capas)
 - Gramaje: 780 gr/m²
 - Construcción o Ligamento: Sarga 3/1
 - Resistencia a la tensión
 - Urdimbre: 65.01 KgF
 - Trama: 40.03 KgF
 - Resistencia al rasgado
 - Urdimbre: 5.54 KgF
 - Trama: 6.13 KgF

Se propone utilizar un artículo 88% Algodón – 12% Nylon de Alta tenacidad Inherentemente ignífuga para mejorar la ergonomía del trabajador y evitar la pérdida de la funcionalidad ignífuga. Se plantea

utilizar tres capas para cumplir el nivel de energía incidente al que estará expuesto.

Se propone además, la adición del Nylon para mejorar las resistencias tensión y rasgado y utilizar un ligamento sarga para tener mejor desempeño y prolongar la vida útil de la prenda.

Los Niveles de ATPV - Arc Thermal Potencial Value señalados son referenciales, éstos se confirmarán en la evaluación de las propuestas y se determinará si la propuesta es válida.

5.3.5. EVALUACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Se realizaron ensayos en las que se evaluó el desempeño de protección de las telas propuestas que cumplen con las características requeridas por el tipo de riesgo identificado, a una exposición a arco eléctrico; el desempeño de cada propuesta se evaluó mediante la ASTM F 1959 indicado en la NFPA 70E.

De acuerdo a la ASTM F 1959, el nivel de ATPV será calculado mediante la Curva de Stoll, en la que éste nivel será igual al valor de energía incidente en la que existe un 50 % de probabilidad que se desarrolle una quemadura de segundo grado.

- Propuesta para prenda de protección para riesgos de categoría 0 y 1

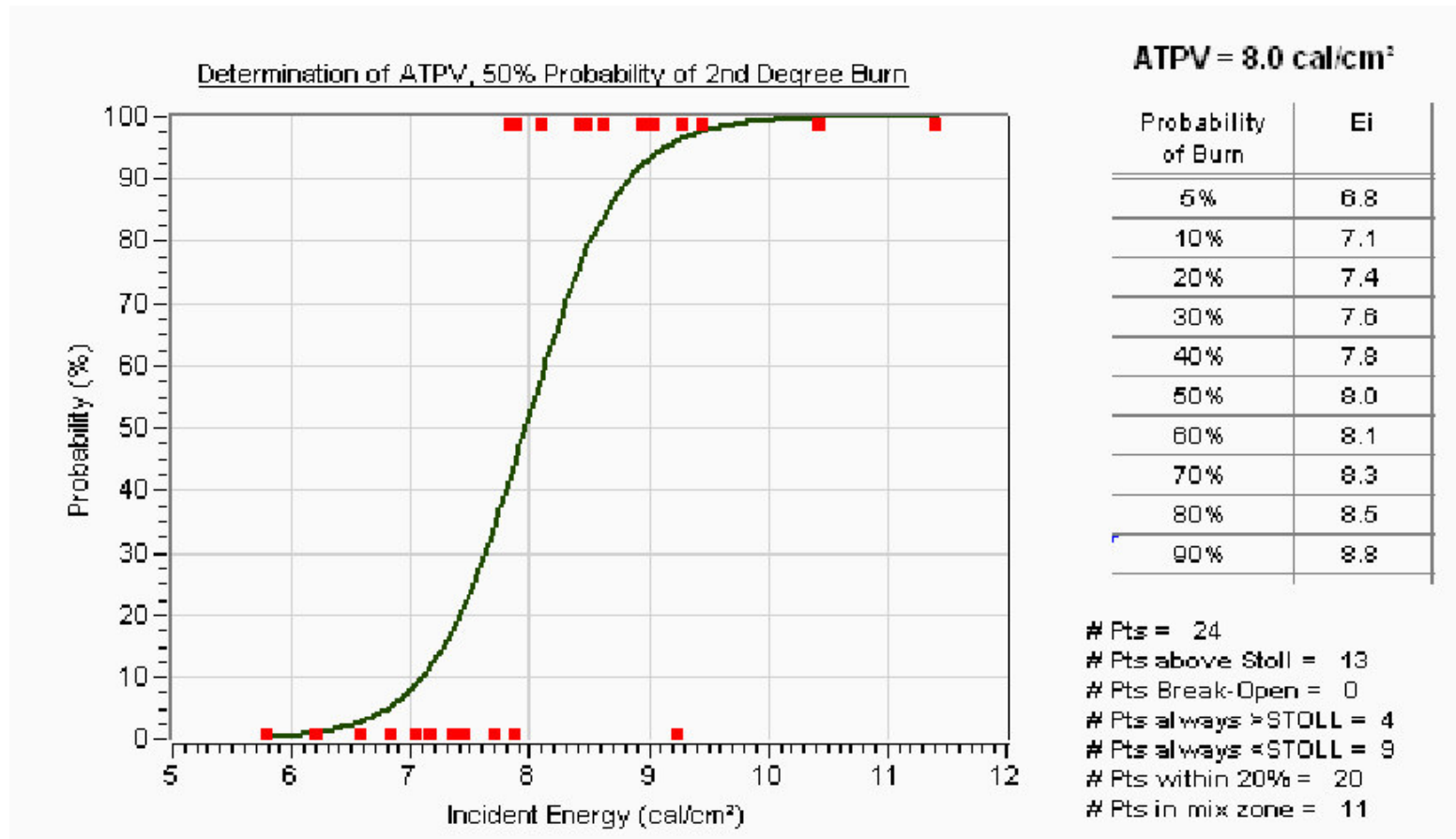


Figura (7) Curva de Stoll – Propuesta para prenda de protección de categoría 1

Fuente: Evaluación ASTM F1959 Propuesta categoría 1

- Propuesta para prenda de protección para riesgos de categoría 2

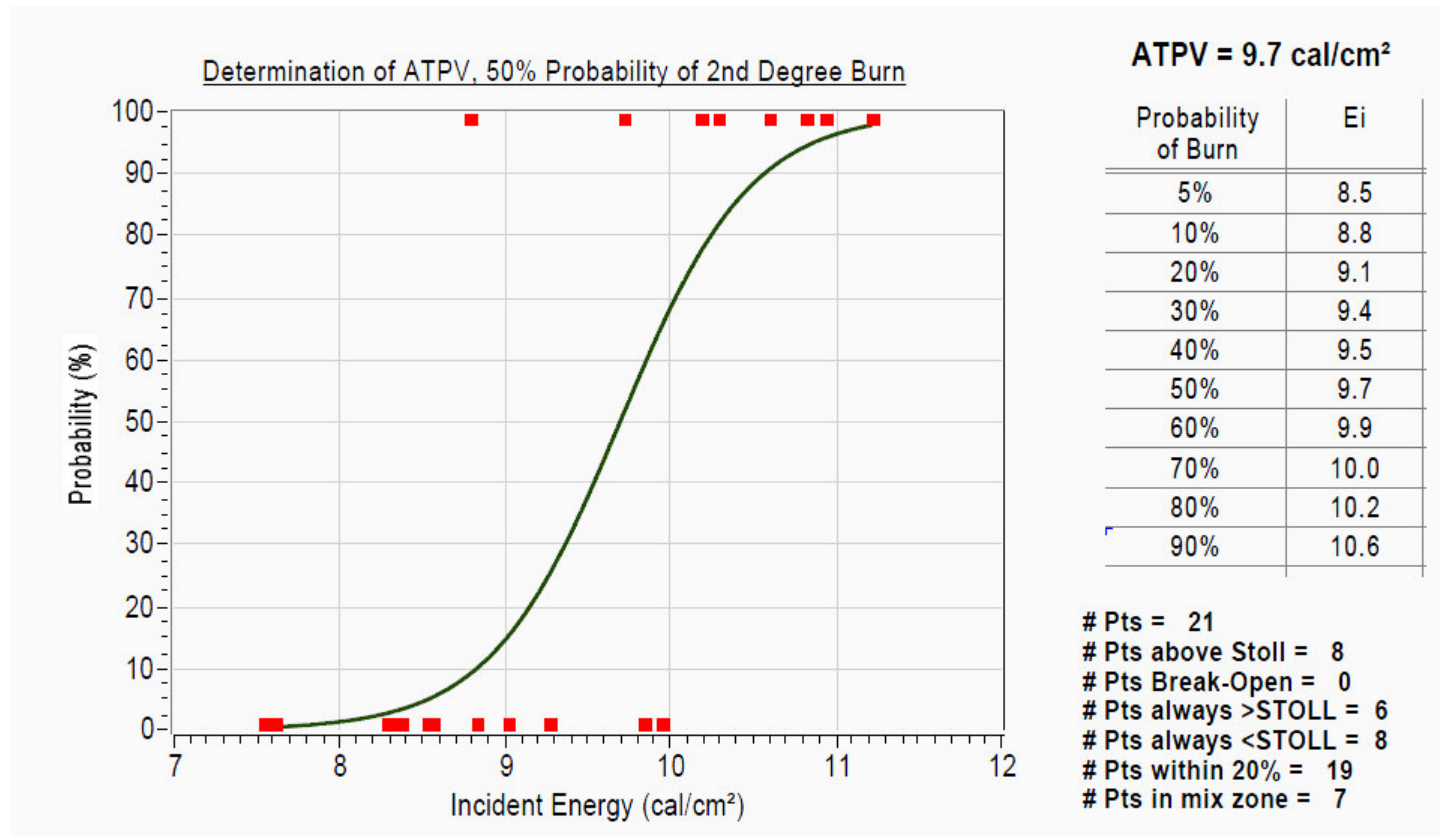


Figura (8) Curva de Stoll – Propuesta para prenda de protección de categoría 2
 Fuente: Evaluación ASTM F1959 Propuesta categoría 2

- Propuesta para prenda de protección para riesgos de categoría 3

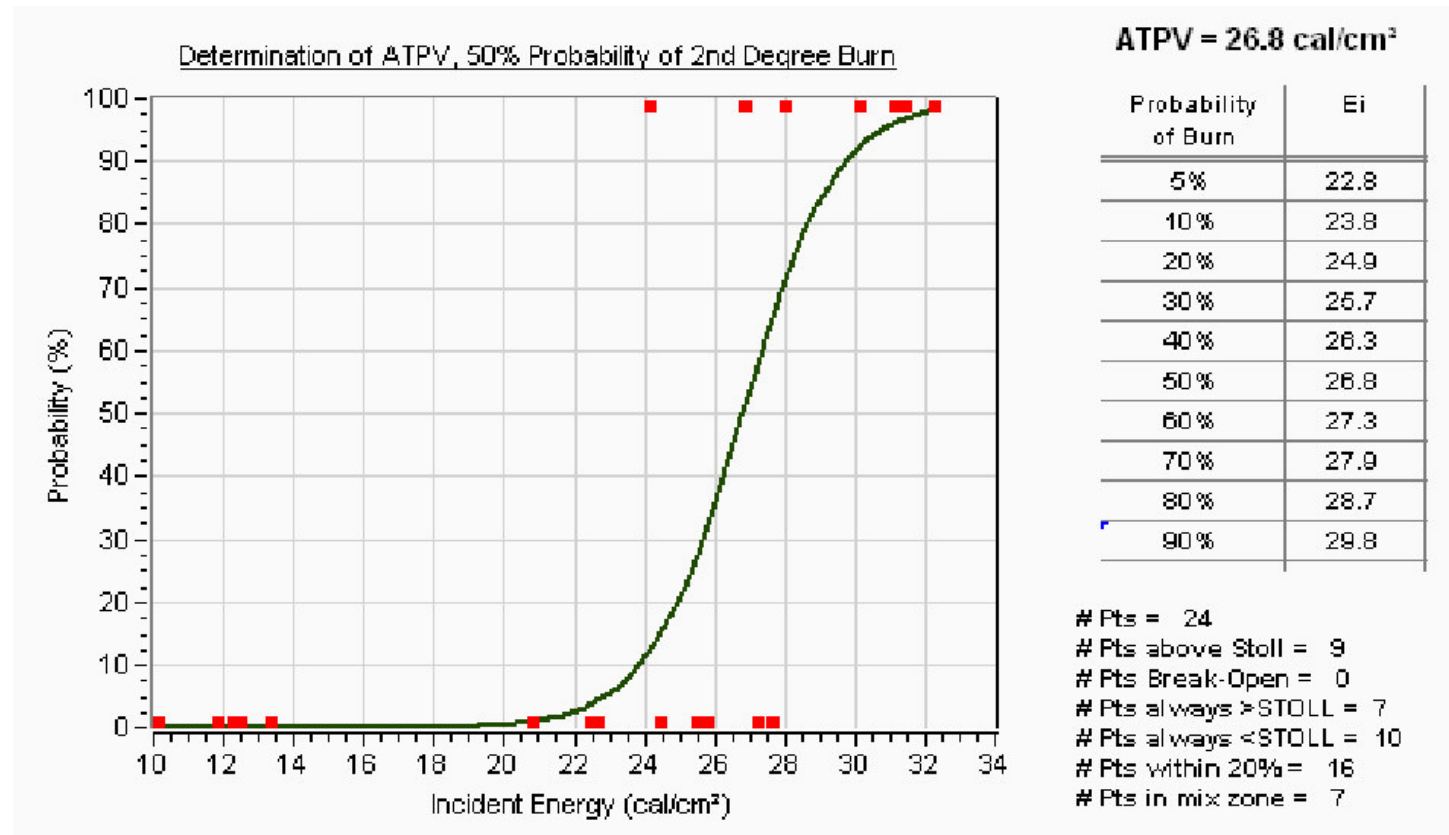


Figura (9) Curva de Stoll – Propuesta para prenda de protección de categoría 3
 Fuente: Evaluación ASTM F1959 Propuesta categoría 3

- Propuesta para prenda de protección para riesgos de categoría 4

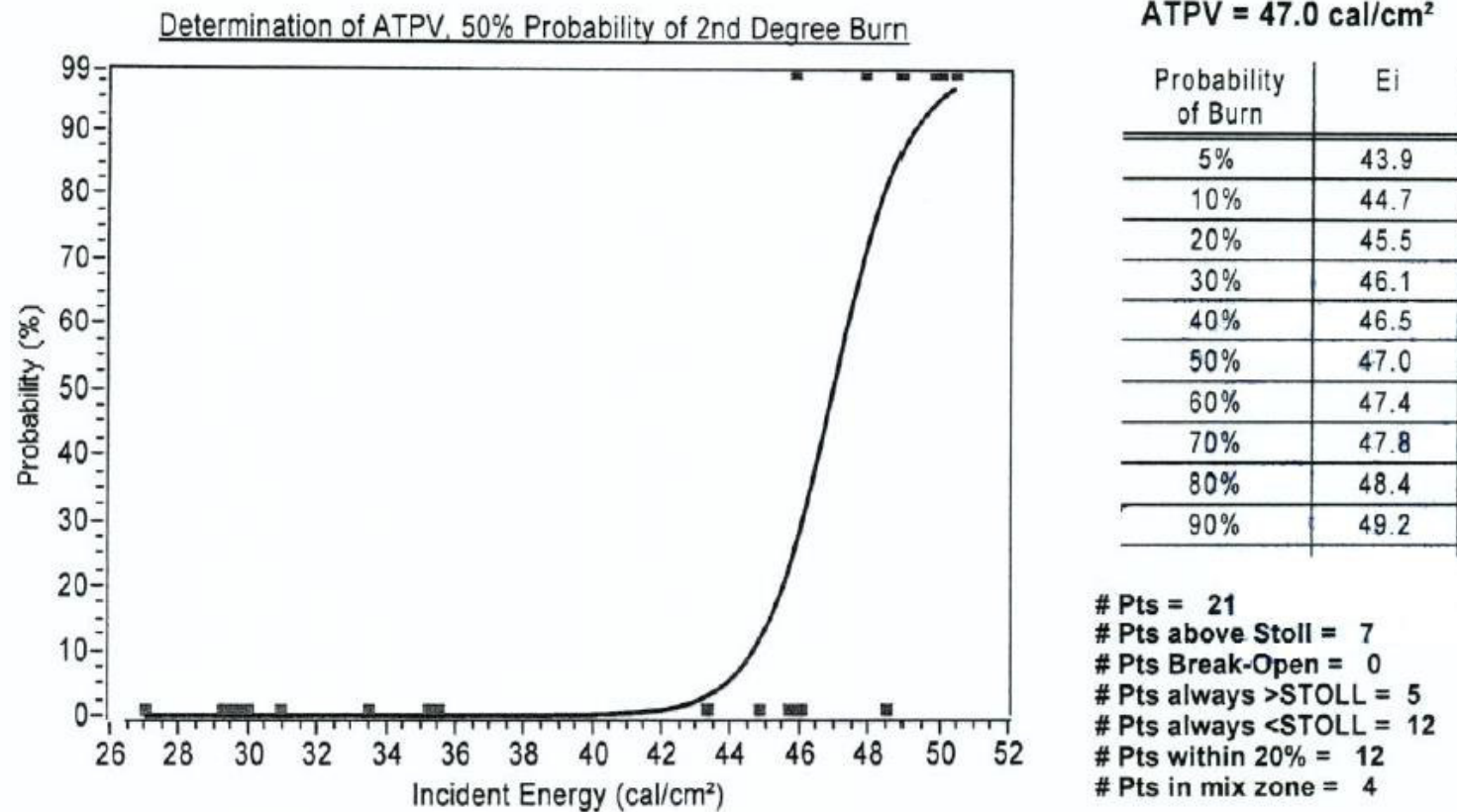


Figura (10) Curva de Stoll – Propuesta para prenda de protección de categoría 4
 Fuente: Evaluación ASTM F1959 Propuesta categoría 4

6. CAPÍTULO VI: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

6.1.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO E INTERPRETACIÓN

- Actividades a Baja tensión

Actividades	Nivel APTV Expuesto (cal/cm ²) / HRC	Nivel de Protección Prenda (cal/cm ²) / HRC	Evaluación propuesta (cal/cm ²) / HRC
Paneles eléctricos u otros equipos indicados para 240 V y por debajo			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	1.2 / HRC 0	8.5 / HRC 2	8 / HRC 2
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	3 / HRC 1	8.5 / HRC 2	8 / HRC 2
Retiro/Instalación de Interruptores Automáticos o conmutadores con fusibles	2.4 / HRC1	8.5 / HRC 2	8 / HRC 2
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	3.5 / HRC1	8.5 / HRC 2	8 / HRC 2
Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente de un circuito derivado del tablero de distribución	4 / HRC 1	8.5 / HRC 2	8 / HRC 2

Actividades	Nivel APTV Expuesto (cal/cm2) / HRC	Nivel de Protección Prenda (cal/cm2) / HRC	Evaluación propuesta (cal/cm2) / HRC
Paneles de Distribución o tableros de distribución con tensión nominal >240 V y hasta 600 V			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	4 / HRC 1	8.5 / HRC 2	8 / HRC 2
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	7.8 / HRC 2	8.5 / HRC 2	9.7 / HRC 2
Retiro/Instalación de Interruptores Automáticos o conmutadores con fusibles	7.6 / HRC 2	8.5 / HRC 2	9.7 / HRC 2
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4 / HRC 1	8.5 / HRC 2	8 / HRC 2
Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente de un circuito derivado del tablero de distribución	7.5 / HRC 2	8.5 / HRC 2	9.7 / HRC 2
Clase de Tablero de Conexión 600 V (con corta circuitos eléctricos o conmutadores de fusibles) y Clase de Paneles de Interruptores 600 V.			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	7.6 / HRC 2	8.5 / HRC 2	9.7 / HRC 2
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	8 / HRC 2	8.5 / HRC 2	9.7 / HRC 2
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	1.5 / HRC 1	8.5 / HRC 2	8 / HRC 2
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	8 / HRC 2	8.5 / HRC 2	9.7 / HRC 2
Insertión o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	30.6 / HRC 4	8.5 / HRC 2	47 / HRC 4
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	8 / HRC 2	8.5 / HRC 2	9.7 / HRC 2
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	28.3 / HRC 4	8.5 / HRC 2	47 / HRC 4

Tabla (7) Nivel de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Baja tensión

Fuente: Elaboración Propia

Nivel de Cumplimiento de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Baja tensión en base a NFPA 70E

	Cantidad	%
Actividades	17	100%
Prendas	15	88%
Propuesta	17	100%

Tabla (8) Nivel de cumplimiento de protección
Fuente: Elaboración propia

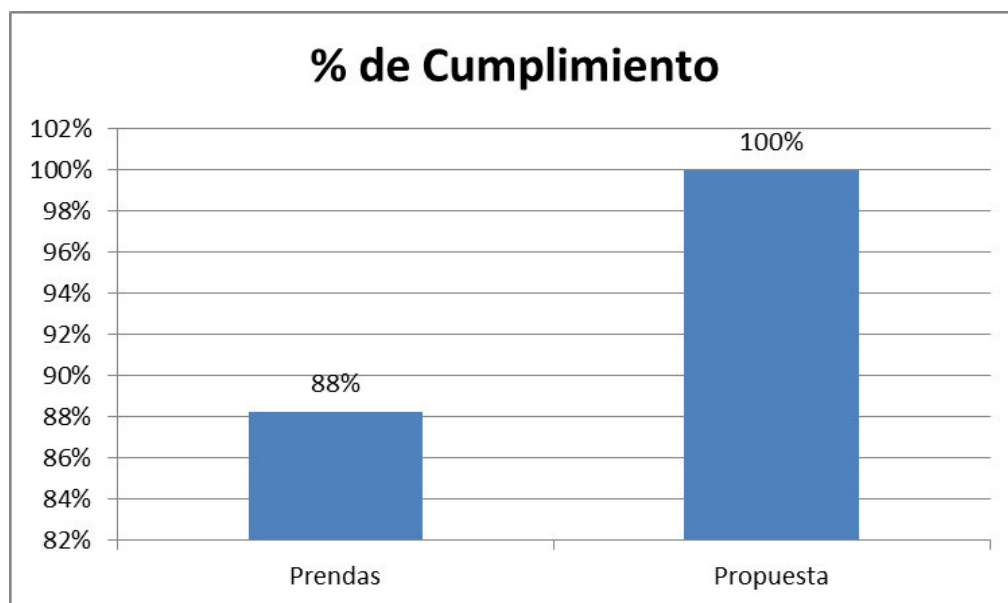


Gráfico (3) Nivel de cumplimiento de protección
Fuente: Elaboración propia

Se observa que la propuesta tiene el 100% de cumplimiento de protección según la NFPA 70E, mientras que las prendas actualmente utilizadas presenta un 88% de cumplimiento

- **Actividades a Media tensión**

Actividades	Nivel APTV Expuesto (cal/cm2) / HRC	Nivel de Protección Prenda (cal/cm2) / HRC	Evaluación propuesta (cal/cm2) / HRC
Arrancadores de motores NEMA E2 (contacto con fusibles), 2.3 kV a 7.2 kV			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	22.5 / HRC 3	21.2 / HRC 3	26.8 / HRC 3
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	27.6 / HRC 4	21.2 / HRC 3	47 / HRC 4
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	41 / HRC 4	21.2 / HRC 3	47 / HRC 4
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	20 / HRC 3	21.2 / HRC 3	26.8 / HRC 3
Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	28.7 / HRC 4	21.2 / HRC 3	47 / HRC 4
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	23.8 / HRC 3	21.2 / HRC 3	26.8 / HRC 3
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	26.4 / HRC 4	21.2 / HRC 3	47 / HRC 4

Tabla (9) Nivel de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Media tensión

Fuente: Elaboración Propia

Nivel de Cumplimiento de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Media tensión en base a NFPA 70E

	Cantidad	%
Actividades	7	100%
Prendas	1	14%
Propuesta	7	100%

Tabla (10) Nivel de cumplimiento de protección

Fuente: Elaboración propia

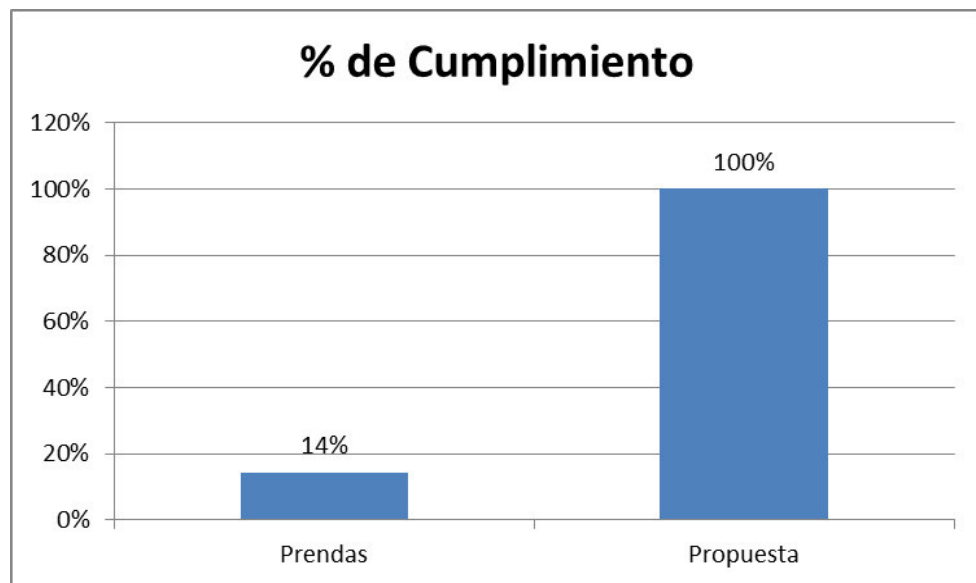


Gráfico (4) Nivel de cumplimiento de protección
Fuente: Elaboración propia

Se observa que la propuesta tiene el 100% de cumplimiento de protección según la NFPA 70E, mientras que las prendas actualmente utilizadas presenta un 14% de cumplimiento

- **Actividades a Alta tensión**

Actividades	Nivel APTV Expuesto (cal/cm2) / HRC	Nivel de Protección Prenda (cal/cm2) / HRC	Evaluación propuesta (cal/cm2) / HRC
Tableros de potencia encerrados en metal, 1kV a 38 kV			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	25 / HRC 4	39.9 / HRC 4	47 / HRC 4
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	38.7 / HRC 4	39.9 / HRC 4	47 / HRC 4
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	3.8 / HRC 1	39.9 / HRC 4	8 / HRC 2
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	30.8 / HRC 4	39.9 / HRC 4	47 / HRC 4

Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	43.7 / HRC 4	39.9 / HRC 4	47 / HRC 4
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	39.8 / HRC 4	39.9 / HRC 4	47 / HRC 4
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	40.1 / HRC 4	39.9 / HRC 4	47 / HRC 4

Tabla (11) Nivel de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Alta tensión

Fuente: Elaboración Propia

Nivel de Cumplimiento de protección: Prenda actual vs. Propuesta – Actividades Alta tensión en base a NFPA 70E

	Cantidad	%
Actividades	7	100%
Prendas	5	71%
Propuesta	7	100%

Tabla (12) Nivel de cumplimiento de protección

Fuente: Elaboración propia

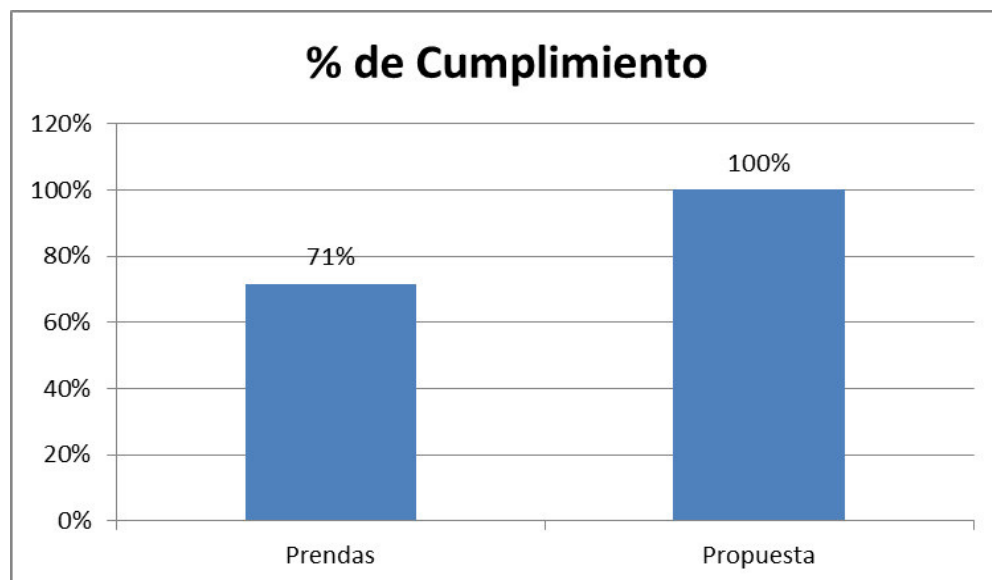


Gráfico (5) Nivel de cumplimiento de protección

Fuente: Elaboración propia

Se observa que la propuesta tiene el 100% de cumplimiento de protección según la NFPA 70E, mientras que las prendas actualmente utilizadas presenta un 71% de cumplimiento. Notar que para la actividad trabajos en circuitos expuestos energizados a 120 V o menos, se tiene una sobreprotección al trabajador, dando una mayor probabilidad de sufrir un accidente.

Evaluación de características

	Prenda de Protección Empleada	Propuesta		
Baja Tensión				
		HRC 1	HRC 2	HRC 4
Nivel de ATPV - Arc Thermal Potential Value	8.5 cal/cm2	8 cal/cm2	9.7 cal/cm2	47 cal/cm2
Composición	Composición: 93% Nomex® – 5% Kevlar® – 2% Fibra antiestático	100% Algodón	88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad	Triple Capa: 88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad
Gramaje:	220.35gr/m2	254 gr/m2	260 gr/m2	780 gr/m2
Construcción o Ligamento	ND	Sarga 3/1	Sarga 3/1	Sarga 3/1
Resistencia a la tensión	ND	Urdimbre: 40.82 KgF / Trama:27.22 KgF	Urdimbre: 40.97 KgF / Trama:31.71 KgF	Urdimbre: 65.01 KgF / Trama:40.03 KgF
Resistencia al rasgado	ND	Urdimbre: 3.18 KgF / Trama:3.63 KgF	Urdimbre: 3.91 KgF / Trama:4.41 KgF	Urdimbre: 5.54 KgF / Trama:6.13 KgF

Tabla (13) Evaluación de características – Baja Tensión

Fuente: Elaboración Propia

	Prenda de Protección Empleada	Propuesta	
Media Tensión			
		HRC 3	HRC 4
Nivel de ATPV - Arc Thermal Potencial Value	21.2 cal/cm2	26.8 cal/cm2	47 cal/cm2
Composición	Una capa de 93% Nomex® – 5% Kevlar® – 2% Fibra antiestático y una capa de 65% Modacrílico - 23% Nomex® – 10% Kevlar® – 2% Fibra antiestático	Doble Capa: 88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad	Triple Capa: 88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad
Gramaje:	423.75 gr/m2	520 gr/m2	780 gr/m2
Construcción o Ligamento	ND	Sarga 3/1	Sarga 3/1
Resistencia a la tensión	ND	Urdimbre: 56.36 KgF / Trama:35.62 KgF	Urdimbre: 65.01 KgF / Trama:40.03 KgF
Resistencia al rasgado	ND	Urdimbre: 4.75 KgF / Trama:5.38 KgF	Urdimbre: 5.54 KgF / Trama:6.13 KgF

Tabla (14) Evaluación de características – Media Tensión

Fuente: Elaboración Propia

	Prenda de Protección Empleada	Propuesta	
Alta Tensión			
		HRC 2	HRC 4
Nivel de ATPV - Arc Thermal Potencial Value	39.9 cal/cm2	9.7 cal/cm2	47 cal/cm2
Composición	Dos capas de 65% Modacrílico - 23% Nomex® – 10% Kevlar® – 2% Fibra antiestático	88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad	Triple Capa: 88% Algodón – 12% Nylon de alta tenacidad
Gramaje:	542.4 gr/m2	260 gr/m2	780 gr/m2
Construcción o Ligamento	ND	Sarga 3/1	Sarga 3/1
Resistencia a la tensión	ND	Urdimbre: 40.97 KgF / Trama:31.71 KgF	Urdimbre: 65.01 KgF / Trama:40.03 KgF
Resistencia al rasgado	ND	Urdimbre: 3.91 KgF / Trama:4.41 KgF	Urdimbre: 5.54 KgF / Trama:6.13 KgF

Tabla (15) Evaluación de características – Alta Tensión

Fuente: Elaboración Propia

6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- En cuanto a las actividades de baja tensión, el cumplimiento de protección, según la NFPA 70E, de la propuesta es mayor (100%) que el de las prendas utilizadas actualmente (88%). Se tienen actividades de mayor incidencia calórica que el nivel de protección actual.
- En cuanto a las actividades de media tensión, el cumplimiento de protección, según la NFPA 70E, de la propuesta es mayor (100%) que el de las prendas utilizadas actualmente (14%). Se tienen actividades de mayor incidencia calórica que el nivel de protección actual.
- En cuanto a las actividades de alta tensión, el cumplimiento de protección, según la NFPA 70E, de la propuesta es mayor (100%) que el de las prendas utilizadas actualmente (71%). Se tienen actividades de mayor incidencia calórica que el nivel de protección actual.
- Debido a un mal uso de la prenda de protección, causado por la falta de ergonomía, se tenían un alto índice de accidentes provocados por arco eléctrico.

7. CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- Se concluye que con el Estudio Técnico, se pudo identificar actividades que están expuestas a una mayor energía incidente que el nivel de protección de la prenda, lo que provocaban los accidentes por arco eléctrico.
- Se concluye además que de las estadísticas de los accidentes provocados por arco eléctrico, se pudo determinar las necesidades por nivel de tensión haciendo un análisis de riesgo; con ello identificar las características técnicas para el artículo propuesto.
- Se demuestra que identificando las características de los artículos necesarios, se pueden disminuir los efectos de los accidentes

provocados por arco eléctrico; ya que con las propuestas se mejora el nivel de protección y la ergonomía del trabajador

7.2. RECOMENDACIONES

- Antes de realizar la asignación de prendas, se recomienda asegurar la zona de trabajo; en lo posible, eliminando o reduciendo el impacto del riesgo
- Se recomienda realizar un análisis de riesgo periódico para todas las actividades que se desempeñan, de modo que estos valores se encuentren actualizados afín de asignar correctamente las prendas de protección.
- Clasificar las actividades que se desempeñan de acuerdo al nivel de arco eléctrico expuesto.
- Se recomienda exigir al proveedor de prendas de protección, la entrega de los certificados NFPA 2112 y ASTM F1559 de los artículos requeridos para la confección de las prendas de protección contra arco eléctrico.

BIBLIOGRAFIA

- Arias Carrizales, Gerardo (4 de Setiembre de 2013) *“La seguridad es un compromiso y un deber de las empresas”* Recuperado de: <http://udep.edu.pe/hoy/2013/la-seguridad-es-un-compromiso-y-un-deber-de-las-empresas/>

Leído el: 09/04/17

- Cevallos, Klever; Herdoiza Miguel (2010) *Seguridad Eléctrica y Peligro de la Descarga de Arco*. Tesis para optar el título de Ingeniero Electricista. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Congreso de la República del Perú (2011) *NORMATIVA PERUANA: Ley 29783 – Ley de Seguridad y Salud Ocupacional*. Lima
- Mariscal, Ramón (1 de Octubre de 2014) *ARCO ELÉCTRICO consecuencias, normas y protección* Recuperado de <https://constructorelectrico.com/arco-electrico-consecuencias-normas-y-proteccion/>

Leído el: 09/04/17

- Mella (2010) *Procedimiento para equipamiento de protección personal* Recuperado de : <http://www.achs.cl/portal/Paginas/Home.aspx>

Leído el: 09/04/17

- Ministerio de Trabajo (2016) *Boletín Estadístico I Semestre 2016*. Recuperado de <http://www2.trabajo.gob.pe/estadisticas/anuarios-estadisticos/>

- Muñoz Chacón, César (2015) *Estudio de accidentes eléctricos y peligro del arco eléctrico. Introducción a un programa de seguridad eléctrica*. Chile. En: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-24492015000200005>
Leído el: 09/04/17
- National Fire Protection Association (2016) *Glosario de Términos de NFPA 2016*, Estados Unidos de Norte América
- National Fire Protection Association (2012) *NFPA 2112: Standard on Flame-Resistant Garments for Protection of Industrial Personnel Against Flash Fire*, Estados Unidos de Norte América
- National Fire Protection Association (2012) *NFPA 70E: Standard for Electrical Safety in the Workplace*, Estados Unidos de Norte América
- Oficina Internacional de Trabajo (1996) *Registro y notificación de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales*
- Pérez, Susana (2012) *Elementos de Protección Personal*. Recuperado de: <http://www2.famaf.unc.edu.ar/seguiridad/documents/2012.FaMAF.EPP.pdf>
- Trejo, José (2013) *Comparación de la Norma NFPA 70E y la IEEE 1584 – 2002 para el análisis del arco eléctrico para el uso adecuado del equipo de protección*. Tesis para optar el título de Ingeniero Electricista. Instituto Politécnico Nacional, México.

ANEXO I: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ESTUDIO TÉCNICO PARA DETERMINAR PRENDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL QUE CONTRIBUYE A REDUCIR LOS EFECTOS DE LOS ACCIDENTES PROVOCADOS POR ARCO ELÉCTRICO

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Método
Problema General ¿De qué manera el estudio técnico para determinar prendas de protección personal contribuirá a reducir los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico?	Objetivo General Establecer un estudio técnico para determinar prendas de protección personal que contribuirá a reducir los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico	Hipótesis General El estudio técnico para determinar prendas de protección personal reducirá los efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico.	Variable Independiente: X1= Estudio técnico	Análisis y determinación de la localización Análisis y determinación del tamaño Identificación y descripción del proceso	Cantidad (0/1)	Tipo de Investigación: Descriptiva y explicativa orientada a prendas de protección personal.
Problemas Específicos 1. ¿En qué medida la tasa de accidentes por arco eléctrico permitirá establecer características técnicas de las prendas de protección personal? 2. ¿En qué medida el conocer las características técnicas adecuadas de las prendas de protección personal reducen los efectos de los accidentes de trabajo por arco eléctrico?	Objetivos Específicos 1. Determinar la tasa de accidentes por arco eléctrico para establecer las características técnicas de las prendas de protección personal. 2. Determinar las características técnicas adecuadas de las prendas de protección personal para reducir los efectos de los accidentes de trabajo por arco eléctrico	Hipótesis Específicas 1. La tasa de accidentes por arco eléctrico permite establecer las características técnicas de las prendas de protección personal 2. El definir las características técnicas adecuadas de las prendas de protección personal permitirá reducir los efectos de los accidentes de trabajo por arco eléctrico	Variables Dependientes: Y1= Efectos de los accidentes provocados por arco eléctrico Y2= Prendas de protección	Lesiones Mortales Lesiones No mortales – Incapacitante Lesiones No mortales – Incapacitante Prendas de protección Nivel 1 Prendas de protección Nivel 2 Prendas de protección Nivel 3 Prendas de protección Nivel 4	Cantidad Nivel de ATPV	Diseño de Investigación: Cuasi Experimental

ANEXO II: MATRIZ DE RIESGO ACTIVIDADES A BAJA TENSIÓN - Paneles eléctricos u otros equipos indicados para 240 V y por debajo

MATRIZ DE RIESGO			Probabilidad de ocurrencia		
Actividades		Magnitud de daño	EPP	Negligencia	Lugar de trabajo
			EPP Inadecuado	Mal uso de EPP	No asegurado
			3	4	2
BAJA TENSIÓN	Paneles eléctricos u otros equipos indicados para 240 V y por debajo				
	Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	2	6	8	4
	Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	2	6	8	4
	Retiro/Instalación de Interruptores Automáticos o conmutadores con fusibles	2	6	8	4
	Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	2	6	8	4
	Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente de un circuito derivado del tablero de distribución	2	6	8	4

ANEXO III: MATRIZ DE RIESGO ACTIVIDADES A BAJA TENSIÓN - Paneles de Distribución o tableros de distribución con tensión nominal >240 V y hasta 600 V / Clase de Tablero de Conexión 600 V (con corta circuitos eléctricos o conmutadores de fusibles) y Clase de Paneles de Interruptores 600 V.

MATRIZ DE RIESGO			Probabilidad de ocurrencia		
Actividades		Magnitud de daño	EPP	Negligencia	Lugar de trabajo
			EPP Inadecuado	Mal uso de EPP	No asegurado
			4	3	2
BAJA TENSIÓN	Paneles de Distribución o tableros de distribución con tensión nominal >240 V y hasta 600 V				
	Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	2	8	6	4
	Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	3	12	9	6
	Retiro/Instalación de Interruptores Automáticos o conmutadores con fusibles	3	12	9	6
	Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	2	8	6	4
	Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente de un circuito derivado del tablero de distribución	3	12	9	6
	Clase de Tablero de Conexión 600 V (con corta circuitos eléctricos o conmutadores de fusibles) y Clase de Paneles de Interruptores 600 V.				
	Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	3	12	9	6
	Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	3	12	9	6

Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	2	8	6	4
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	3	12	9	6
Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	4	16	12	8
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	3	12	9	6
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4	16	12	8

ANEXO IV: MATRIZ DE RIESGO ACTIVIDADES A MEDIA TENSIÓN - Arrancadores de motores NEMA E2 (contacto con fusibles), 2.3 kV a 7.2 kV

MATRIZ DE RIESGO		Probabilidad de ocurrencia			
Actividades		Magnitud de daño	EPP	Negligencia	Lugar de trabajo
			EPP Inadecuado	Mal uso de EPP	No asegurado
			4	2	1
MEDIA TENSIÓN	Arrancadores de motores NEMA E2 (contacto con fusibles), 2.3 kV a 7.2 kV				
	Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	4	16	8	4
	Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	4	16	8	4
	Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	2	8	4	2
	Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	4	16	8	4
	Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	4	16	8	4
	Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	4	16	8	4
	Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4	16	8	4

ANEXO V: MATRIZ DE RIESGO ACTIVIDADES A ALTA TENSIÓN - Tableros de potencia encerrados en metal, 1kV a 38 kV

MATRIZ DE RIESGO			Probabilidad de ocurrencia		
Actividades		Magnitud de daño	EPP	Negligencia	Lugar de trabajo
			EPP Inadecuado	Mal uso de EPP	No asegurado
			3	2	1
ALTA TENSIÓN	Tableros de potencia encerrados en metal, 1kV a 38 kV				
	Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	4	12	8	4
	Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	4	12	8	4
	Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	4	12	8	4
	Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	4	12	8	4
	Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	4	12	8	4
	Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	4	12	8	4
	Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4	12	8	4

ANEXO VI NFPA 70E Tabla 130.7 (C) (14) Estándares para equipo de protección

Objeto	Título de Documento	Número de Documento y Revisión
Ropa – Indicada para arco	Standard Performance Specification for Textile Material for Wearing Apparel for Use by Electrical Workers Exposed to Momentary Electric Arc and Related Thermal Hazards	ASTM F 1506-10a
Delantal – Aislación térmica	Standard Specifications for Electrically Insulating Aprons	ASTM F 1677 - 08a
Protección de los ojos y la cara – General	Practice for Occupational and Educational Eye and Face Protection	ANSI Z87.1-2003
Productos para la protección facial – Indicada para arco	Standard Test Method for Determining the Arc Rating and Standard Specification for Face Protective Products	ASTM F 2178-08
Protección contra caída	Standard Specifications for Personal Climbing Equipment	ASTM F 887-10
Calzado – Especificación Dieléctrica	Standard Specification for Dielectric Footwear	ASTM F 1117 - 03 (2008)
Calzado – Método de Prueba Dieléctrico	Standard Test Method for Determining Dielectric Strength of Dielectric Footwear	ASTM F 1116 - 03 (2008)
Calzado – Especificación de Performance de Estándar	Standard Specification for Performance Requirements for Foot Protection	ASTM F 2413 – 05
Calzado – Método de Prueba Estándar	Standard Tests Methods for Foot Protection	ASTM F 2412 – 05
Guantes – Protectores de Cuero	Standard Specification for Leather Protectors for Rubber Insulating Gloves and Mittens	ASTM F 696 – 06
Guantes – Aislación térmica de hule	Standard Specification for Rubber Insulating Gloves	ASTM D – 09
Guantes y Mangas – Cuidados durante servicio de uso	Standard Specification for In-Service Care of Insulating Gloves and Sleeves	ASTM F 496 – 08

Protección de la Cabeza – Cascos	Personal Protection – Protective Headwear for Industrial Workers	ANSI/ISEA Z89.1 -2009
Impermeables – Indicado para arco	Standard Specification for Arc and Flame Resistant Rainwear	ASTM F 1981 – 06
Productos de Protección de Hule – Inspección Visual	Standard Guide for Visual Inspection of Electrical Protective Rubber Products	ASTM F 1236 – 96 (2007)
Mangas – Aislación térmica	Standard Specification for Rubber Insulating Sleeves	ASTM D 1051

ANEXO VII NFPA 70E Tabla 130.7 (C) (15) (a) Clasificación de Categorías de Peligro/Riesgo, uso de guantes aislantes de hule y herramientas de mano aislantes y aisladas.- Equipo de corriente alterna (previamente Tabla 130.7 (C) (9))

Tareas Realizadas en Equipo Energizado	Categoría de Peligro / Riesgo	Guantes aislantes de hule	Herramientas de mano aislantes y aisladas
Paneles eléctricos u otros equipos indicados para 240 V y por debajo Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 25 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.03 segundos (2 ciclos) mínimo de 18 pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 19 pulgadas.			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	0	N	N
Operación de interruptores automáticos (IA) o conmutadores con fusibles con cubiertas instaladas	0	N	N
Operación de IA o conmutadores con fusibles con las cubiertas retiradas	0	N	N
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	1	S	S
Retiro/Instalación de IAs o conmutadores con fusibles	1	S	S
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	1	N	N
Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente de un circuito derivado del tablero de distribución	1	S	S
Paneles de Distribución o tableros de distribución con tensión nominal >240 V y hasta 600 V			

Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 25 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.03 segundos (2 ciclos), mínimo de 18 pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 30 pulgadas			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de frontera de aproximación restringida	1	N	N
Operación de interruptores automáticos (IA) o conmutadores con fusibles con cubiertas instaladas	0	N	N
IA o conmutadores de fusibles con las cubiertas retiradas	1	S	S
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	2	S	S
Retiro/Instalación de IAs o conmutadores con fusibles	2	S	S
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	1	N	N
Apertura de cubiertas con bisagras (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	0	N	N
Trabajo en conductores y partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente de un circuito derivado del tablero de distribución	2	S	S
Centros de Control de Motores clase 600 V (CCM's) Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 65 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.03 segundos (2 ciclos), mínimo de 18 pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 53 pulgadas.			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de la frontera de aproximación restringida	1	N	N

Operación de IA, o conmutadores de fusibles, o arrancadores, cerradas las puertas del encerramiento	0	N	N
Lectura de un medidor de panel mientras que se opera el conmutador del medidor	0	N	N
Operación de IA, conmutadores con fusibles, o arrancadores, abiertas las puertas del encerramiento	1	N	N
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	2	S	S
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	0	S	S
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	2	S	S
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	2	S	N
Trabajo en conductores o partes de circuitos eléctricos energizados utilizando equipo que se alimenta directamente del centro de control de motores	2	S	S
Clase de Centro de Control de Motores 600 V Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 42 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.33 segundos (20 ciclos), mínimo de 18 pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 165 pulgadas.			
Insertión o instalación de unidades de arrancadores en CCM	4	S	N
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4	N	N
Apertura de cubiertas con bisagras (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	1	N	N
Clase de Tablero de Conexión 600 V (con corta circuitos			

eléctricos o conmutadores de fusibles) y Clase de Paneles de Interruptores 600 V. Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 35 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.5 segundos (30 ciclos), mínimo de 18 pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 233 pulgadas			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de la frontera de aproximación restringida	2	N	N
Operación de IA, o conmutadores de fusibles, o arrancadores, cerradas las puertas del encerramiento	0	N	N
Lectura de un medidor de panel mientras que se opera el conmutador del medidor	0	N	N
Operación de IA, conmutadores con fusibles, o arrancadores, abiertas las puertas del encerramiento	1	N	N
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	2	S	S
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	0	S	S
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	2	S	S
Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	4	N	N
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	2	S	N
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4	N	N
Apertura de cubiertas con bisagras (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	2	N	N

Otras clases de equipo de 600 V (227V a través 600 V, nominal) Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 65 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.03 segundos (2 ciclos), mínimo de 18 pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 53 pulgadas.			
Iluminación o transformadores eléctricos pequeños (600 V máximo)			
II. Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	2	N	N
III. Apertura de cubiertas con bisagras (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	1	N	N
IV. Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	2	S	S
V. Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	2	S	N
Medidores de ingresos (kW-hora, a tensión y corriente del primario) – inserción o removido	2	S	N
Retiro o instalación de canaletas o bandeja de cables	1	N	N
Retiro o instalación de la cubierta de equipos misceláneos	1	N	N
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	2	S	S
Aplicación de tierras de seguridad, después de la prueba de tensión	2	S	N
Inserción y retiro de dispositivos enchufables en o de las barras canalizadas (<i>busways</i>)	2	S	N
Arrancadores de motores NEMA E2 (contacto con fusibles), 2.3 kV a 7.2 kV Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 35 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.2 segundos (12 ciclos), mínimo de 36			

pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 422 pulgadas			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de la frontera de aproximación restringida	3	N	N
Operación de contacto estando cerradas las puertas del encerramiento	0	N	N
Lectura de un medidor de panel mientras que se opera el conmutador del medidor	0	N	N
Operación de contacto estando abiertas las puertas del encerramiento	2	N	N
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	4	S	S
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	0	S	S
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	3	S	S
Inserción o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	4	N	N
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	3	S	N
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4	N	N
Apertura de cubiertas con bisagras (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	3	N	N
Inserción o removido de arrancadores (remontaje) de construcciones resistentes a las llamas, testeadas de acuerdo con IEEE C37.20.7, puertas cerradas solamente	0	N	N
Tableros de potencia encerrados en metal, 1kV a 38 kV Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 35 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.2 segundos (12 ciclos), mínimo de 36			

pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 422 pulgadas			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de la frontera de aproximación restringida	3	N	N
Operación de contacto estando cerradas las puertas del encerramiento	2	N	N
Lectura de un medidor de panel mientras que se opera el conmutador del medidor	0	N	N
Operación de contacto estando abiertas las puertas del encerramiento	4	N	N
Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	4	S	S
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	2	S	S
Trabajo en circuitos de control con conductores y partes de circuitos expuestos energizados a >120 V	4	S	S
Insertión o removido de corto circuitos (remontaje) de cubículos, puertas abiertas o cerradas	4	N	N
Aplicación de puestas a tierra de protección temporales, después de prueba de tensión	4	S	N
Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	4	N	N
Apertura de cubiertas con bisagras (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	3	N	N
Apertura de transformador de voltaje o compartimientos de transformador de control eléctrico	4	N	N
Tableros resistentes al arco Tipo 1o 2 (para tiempo de eliminación de falla <0.5 segundos con corriente de falla que no exceda la resistencia del equipo) Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 35 kA; tiempo de			

eliminación de una falla máximo de 0.2 segundos (12 ciclos), mínimo de 36 pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 422 pulgadas			
Realizar termografía infrarroja y otras inspecciones sin contacto fuera de la frontera de aproximación restringida	0	N	N
Operación de contacto estando cerradas las puertas del encerramiento	0	N	N
Operación de contacto estando abiertas las puertas del encerramiento	4	N	N
Trabajo en circuitos de control de conductores y partes de circuitos expuestos energizados a 120 V o menos	2	S	S
Inserción o removido (remontaje) de puestas a tierra y dispositivo de prueba con puertas cerradas	0	N	N
Inserción o removido (remontaje) de transformadores de voltaje dentro o fuera de la puerta de la barra	0	N	N
Otro equipo 1 kV a 38 kV Parámetros: Corriente disponible de cortocircuito con máximo de 35 kA; tiempo de eliminación de una falla máximo de 0.2 segundos (12 ciclos), mínimo de 36 pulgadas de distancia del lugar de trabajo. Frontera de Arco Potencial con conductores expuestos o partes de circuitos energizados usando los parámetros mencionados: 422 pulgadas			
Tablero de conexión de interruptores encerrado en metal, con o sin Fusibles			
VI. Operación de interruptor de construcción de resistencia al arco testeado de acuerdo con IEEE C37.20.7, puertas cerradas únicamente	0	N	N
VII. Operación de interruptor, puertas cerradas	2	N	N
VIII. Trabajo en conductores y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión	4	S	S
IX. Retiro de cubiertas atornilladas (para exponer conductores o partes	4	N	N

de circuitos desnudos energizados) x. Apertura de cubiertas con bisagras (para exponer conductores o partes de circuitos desnudos energizados)	3	N	N
Operación de desconexión de desconectador al aire libre (operado con pértiga)	3	S	S
Operación de desconexión de desconectador al aire libre (acoplado, por categoría)	2	S	N
Examinación de cable aislado (en registro u otro espacio confinado)	4	S	N
Examinación de cable aislado en área abierta	2	S	N

S= SI (requerido) N: (no requerido)

Notas:

(1) Los guantes aislantes son guantes indicados para el máximo voltaje de línea-línea para la cual se realizará el trabajo.

(2) Las herramientas de mano, aisladas o aislantes son herramientas indicadas y testeadas para el máximo voltaje línea a línea en la cual se realizará el trabajo

(3) El uso de “N” no indica que los guantes aislantes y las herramientas de mano aisladas sean requeridas por 130.4, 130.8 (C) (7), y 130.8 (D).

(4) Para equipos protegidos aguas arriba por fusibles limitadores de corriente con corriente de falla de arco en su rango limitador de corriente ($\frac{1}{2}$ ciclo o menos de tiempo de eliminación), la categoría peligro/riesgo puede ser reducida por un número.

(5) Para sistemas eléctricos mayores a 600 V la frontera de arco fue determinada usando la siguiente información: cuando el tiempo de disparo de 0.03 segundos fue usado, indicado por un CCM o equipo de tablero de conexiones eléctricas protegido por una carcasa plástica para disyuntores. La distancia de trabajo usada fue de 18 pulgadas (455 mm). El espacio de arco usado fue de 32 mm pulgadas para tablero de interruptores y 25 mm para CCM y dispositivo de protección tipo 0 para todo. Cuando una disparo de 0.33 o 0.5 segundos fue usado, que indicó un LVPCB (*Low Voltage Power Circuit Breaker* o disyuntor eléctrico de baja tensión) en el tablero de interruptores. La distancia de trabajo fue 24 pulgadas (610 mm). El espacio de arco usado fue 32 mm y dispositivo de protección de tipo 0 para todo. Todos los números fueron redondeados hacia arriba o hacia abajo dependiendo en el múltiplo de 5 más cercano.

(6) Para sistemas eléctricos de 1kV a 38kV la frontera de arco fue determinada usando la siguiente información: no se han dado valores máximos en la NFPA edición 2009 70E para corriente de corto circuito o tiempo de operación. Dos sets de ecuaciones fueron realizados: 35 kA AIC y 0.2 segundos de tiempo de operación y 26 kA AIC y 0.2 segundos de tiempo de operación. 0.2 segundos fue usado al adherir el máximo total típico de tiempo de eliminación de falla del disyuntor a un valor estimado de tiempo de operación de relé. Esto coincide con los valores de IEEE 1584 de 0.18 segundos de tiempo de operación y 0.08 tiempo de disparo redondeado. Una corriente de corto circuito de 35 kA fue usada como máximo (HRC-4@ ≈ 40 cal/cm²) y 26 kA fue usado para comparar los efectos de la disminución de la corriente de corto circuito (HRC -4@ ≈ 40 cal/cm²). La distancia de trabajo utilizada fue 35 pulgadas (909 mm), el espacio de arco fue de 6 pulgadas (455 mm), y dispositivo de protección de tipo 0 para todo.

ANEXO VIII NFPA 70E Tabla 130.7 (C) (15) (b) Categorías de Peligro/Riesgo y su clasificación y uso de guantes aislantes de hule y herramientas de mano aislantes o aisladas térmicamente. – Equipo de corriente directa.

Tareas Realizadas en Equipo Energizado	Categoría de Peligro / Riesgo	Guantes aislantes de hule	Herramientas de mano aislantes y aisladas
Baterías de depósito, tableros de interruptores de corriente directa y otras fuentes de suministro de corriente directa >100 V <250 V Parámetros: Tensión: 250 V Duración máxima de arco y distancia de trabajo: 2 seg. / 18 pulgadas			
Trabajo en conductores eléctricos y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión donde la corriente de arco es ≥ 1 kA y < 4 kA Frontera de arco eléctrico potencial utilizando los parámetros mencionados anteriormente a 4 kA: 36 in.	1	S	S
Trabajo en conductores eléctricos y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión donde la corriente de arco es ≥ 4 kA y < 7 kA Frontera de arco eléctrico potencial utilizando los parámetros mencionados anteriormente a 7 kA: 48 in.	2	S	S
Trabajo en conductores eléctricos y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión donde la corriente de arco es ≥ 7 kA y < 15 kA Frontera de arco eléctrico potencial utilizando los parámetros mencionados anteriormente a 15 kA: 42 in.	3	S	S
Baterías de depósito, tableros de interruptores de corriente directa y otras fuentes de suministro de corriente directa ≥ 250 V ≤ 600 V Parámetros: Tensión: 600 V			

Duración máxima de arco y distancia de trabajo: 2 seg. / 18 pulgadas			
Trabajo en conductores eléctricos y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión donde la corriente de arco es ≥ 1 kA y < 1.5 kA Frontera de arco eléctrico potencial utilizando los parámetros mencionados anteriormente a 1.5 kA: 36 in.	1	S	S
Trabajo en conductores eléctricos y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión donde la corriente de arco es ≥ 1.5 kA y < 3 kA Frontera de arco eléctrico potencial utilizando los parámetros mencionados anteriormente a 3 kA: 48 in.	2	S	S
Trabajo en conductores eléctricos y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión donde la corriente de arco es ≥ 3 kA y < 7 kA Frontera de arco eléctrico potencial utilizando los parámetros mencionados anteriormente a 7 kA: 72 in.	3	S	S
Trabajo en conductores eléctricos y partes de circuitos energizados, incluyendo prueba de tensión donde la corriente de arco es ≥ 7 kA y < 10 kA Frontera de arco eléctrico potencial utilizando los parámetros mencionados anteriormente a 10 kA: 96 in.	4	S	S

S: Si (requerido).

- (1) Si la exposición a ácidos es posible, la vestimenta requiere estar protegida contra ácidos e indicada para arco acorde a ASTM F 1891 o equivalente y evaluada ASTM F 1296 para protección ácida.
- (2) En habitaciones limpias u otras instalaciones eléctricos que no permiten protectores de cuero para exposición a arco eléctrico, se requiere seguir ASTM F 496 para el uso de guantes de aislación térmica de hule con protectores de cuero, y los guantes de hule escogidos deben estar indicados para arco al nivel de exposición potencial de categoría de peligro / riesgo.

ANEXO IX NFPA 70E Tabla 130.7 (C) (16) Indumentaria de Protección y Equipo de Protección Personal (EPP)

Categoría Peligro/Riesgo	Indumentaria de Protección y EPP
0	<p>Indumentaria de protección, no fundible o fibra natural sin tratar (ej. Algodón sin tratar, lana, rayón, o seda, o mezclas de estos materiales) con un peso de tela de por lo menos 4.5 oz/yd² Camisa (manga larga) Pantalones (largos) Equipo de Protección Lentes o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Guantes de trabajo pesado (DN) (véase nota 1)</p>
1	<p>Indumentaria Indicada para Arco con un valor mínimo de 4 cal/cm² (véase nota 3) Camisa manga larga y pantalón largo indicados para arco y overol indicado para arco Protector facial indicado para arco (véase nota 2) o capucha indicada para arco Campera, parca, o impermeable indicados para arco, o casco con revestimiento interior (DN) Equipo de Protección Casco Lentes o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Guantes de trabajo pesado (DN) Calzado de trabajo de cuero (DN)</p>
2	<p>Indumentaria Indicada para Arco con un valor mínimo de 8cal/cm² (véase nota 3) Camisa manga larga y pantalón largo indicados para arco y overol indicado para arco Protector facial indicado para arco (véase nota 2) o capucha indicada para arco Campera, parca, o impermeable indicados para arco, o casco con revestimiento interior (DN) Equipo de Protección Casco Lentes o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Guantes de trabajo pesado (véase nota 1)</p>

	Calzado de trabajo de cuero (DN)
3	<p>Indumentaria Indicada para Arco seleccionada de manera que el sistema de índice de arco alcanza el mínimo requerido de índice de arco de 25 cal/cm2 (véase nota 3)</p> <p>Camisa manga larga indicada para arco (DN) Pantalones indicados para arco (DN) Overol indicado para arco (DN) Chaqueta de Flash Suit indicado para arco (DN) Pantalones de Flash Suit indicados para arco (DR) Capucha de Flash Suit indicada para arco Guantes indicados para arco Campera, parca, impermeable, o casco con revestimiento interno indicados para arco (DN)</p> <p>Equipo de Protección</p> <p>Casco Lentes o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Calzado de trabajo de cuero</p>
4	<p>Indumentaria Indicada para Arco seleccionada de manera que el sistema de índice de arco alcanza el mínimo requerido de índice de arco de 40 cal/cm2 (véase nota 3)</p> <p>Camisa manga larga indicada para arco (DN) Pantalones indicados para arco (DR) Overol indicado para arco (DR) Chaqueta de Flash Suit indicado para arco (DR) Pantalones de Flash Suit indicados para arco (DR) Capucha de Flash Suit indicada para arco Guantes indicados para arco Campera, parca, impermeable, o casco con revestimiento interno indicados para arco (DN)</p> <p>Equipo de Protección</p> <p>Casco Lentes o gafas de seguridad (SR) Protección auditiva (tapones) Calzado de trabajo de cuero</p>

DN: de ser necesario. DR: de ser requerido. SR selección requerida.

Notas:

(1) De ser necesarios por la Tabla 130.7 (C) (9) guantes aislantes de hule con protectores de cuero, guantes indicados para arco o de cuero no serán requeridos. La combinación de guantes de aislación térmica de hule con protectores de cuero satisfacen los requerimientos de protección contra arco eléctrico.

(2) Los protectores faciales deben tener bandas protectoras para proteger no solo la cara, sino también la frente, las orejas, y el cuello, o alternatively, una capucha de Flash Suit indicada para arco debe ser usada.

(3) 'Índice de Arco' se define en el artículo 100 y puede ser el valor de performance térmica (ATPV) o el umbral de la energía de Break-open (EBT). ATPV se define en ASTM F 1959, Standard Test Method for Determining the Arc Thermal Performance Value of Materials for Clothing, como la energía incidente en un material, o un sistema de multi capas de materiales, que resultan en un 50% de probabilidades que una suficiente cantidad de transmisión de calor a través del espécimen a prueba, predice la causa del comienzo de una quemadura de segundo grado basado en la Curva de Stoll, en cal/cm². EBT está definido en ASTM F 1959 como la energía incidente en un material o sistema de material que resulta en un 50% de probabilidades de rotura (break-open). El índice de arco es reportado tanto en ATPV como en EBT, según cuál sea el valor más bajo.